

Comitato  
per una Civiltà dell'Amore

## Dal Nucleare un nuovo approccio alle Sfide Ambientali

**Ing. Massimo Sepielli**

*massimo.sepielli@enea.it*

**DAL BANDO DELLE ATOMICHE A PACE NUCLEARE E SFIDE AMBIENTALI - L'ITALIA IN CONCRETO CHE FA' ADESSO?  
SACRO CONVENTO D'ASSISI 27 OTTOBRE 2018**

## Curriculum Vitae

- **Perito nucleare (1977)**
- **Dottore in Ingegneria nucleare (1983)**
- **Abilitato (1984)**
- **Iscrizione all'Ordine (1984)**
- **Specializzato Sicurezza impianti nucleari e radioprotezione (1987)**
- **Membro Odl di Commissione Esami di Stato**
  
- **ENEA (1983)**
- **Dipartimento Reattori termici**
- **Dipartimento Energia**
- **Calcolo e modellistica**
- **Grande Servizio Paese 2 – RAD**
- **Dipartimento Fusione e Presidio Nucleare**
- **Direttore di Ricerca (2010) UT Fissione  
Tecnologie e Gestione Materiale nucleare**
- **Esercente reattori Triga e Tapiro e DdL**
  
- **Delegato Italiano GB SNETP (CE-Euratom)**
- **Presidente SC1 UNICEN**
- **Italian Officer NEA**
- **Commissione I&C IAEA**
- **Esperto nucleare Comitato MiSE D.U.**



## Temi dell'intervento

- ❖ L'intervento preparato insieme all'ing. Mainardi di Ansaldo Nucleare.
- ❖ L'intervento si declinerà su due direttrici: 1) contributo del nucleare per emissioni carbon-free; 2) nucleare per la sicurezza dell'ambiente e delle persone
- ❖ Nella primaparte farò vedere come l'energia nucleare può contribuire fortemente alla riduzione delle emissioni di gas serra ed alla mitigazione dei cambiamenti climatici.
- ❖ Nella seconda parte farò vedere come il sistema di gestione organizzato dal settore nucleare per ridurre al massimo i rischi di incidente o di guasto possa essere applicato al sistema industriale e sociale convenzionale.

# Sostenibilità ambientale

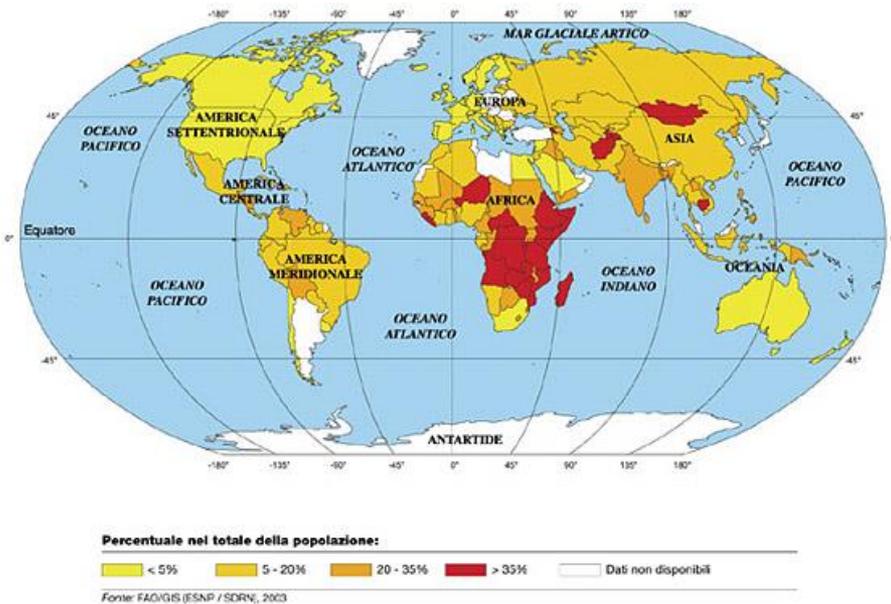
La sostenibilità ambientale è una forma di sviluppo (che comprende lo sviluppo economico, delle città, delle comunità eccetera) che non compromette la possibilità delle **future generazioni** di perdurare nello sviluppo, preservando la qualità e la quantità del patrimonio e delle **riserve naturali** (che sono esauribili, mentre le risorse sono considerabili come inesauribili). L'obiettivo è di mantenere uno sviluppo economico compatibile con l'equità sociale e gli ecosistemi, operante quindi in regime di equilibrio ambientale.

# Parametri della sostenibilità ambientale

- Qualità dell'aria
- Qualità dell'acqua
- Qualità del suolo
- Controllo / mitigazione del clima
- Controllo / mitigazione degli eventi naturali
- Salute della popolazione
- Benessere della popolazione
- Preservazione risorse naturali

# Poco sviluppo

Percentuale di popolazione che soffre la fame



# Sviluppo sì, sviluppo no

Corea del nord vs Corea del sud



# Troppo sviluppo



Società con eccesso di benessere

# Sviluppo insostenibile



Esempio della Cina fino ad oggi

# Qualcosa nello sviluppo non ha funzionato?

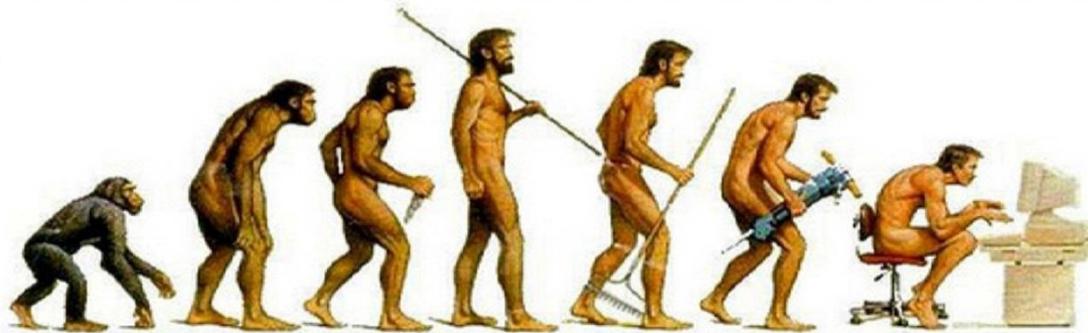
8 FEBBRAIO 2014

AUDITORIUM CRF , VIA FOLCO PORTINARI 5  
FIRENZE

CONVEGNO

## DECRESCITA, FILOSOFIA E VISIONI DEL MONDO

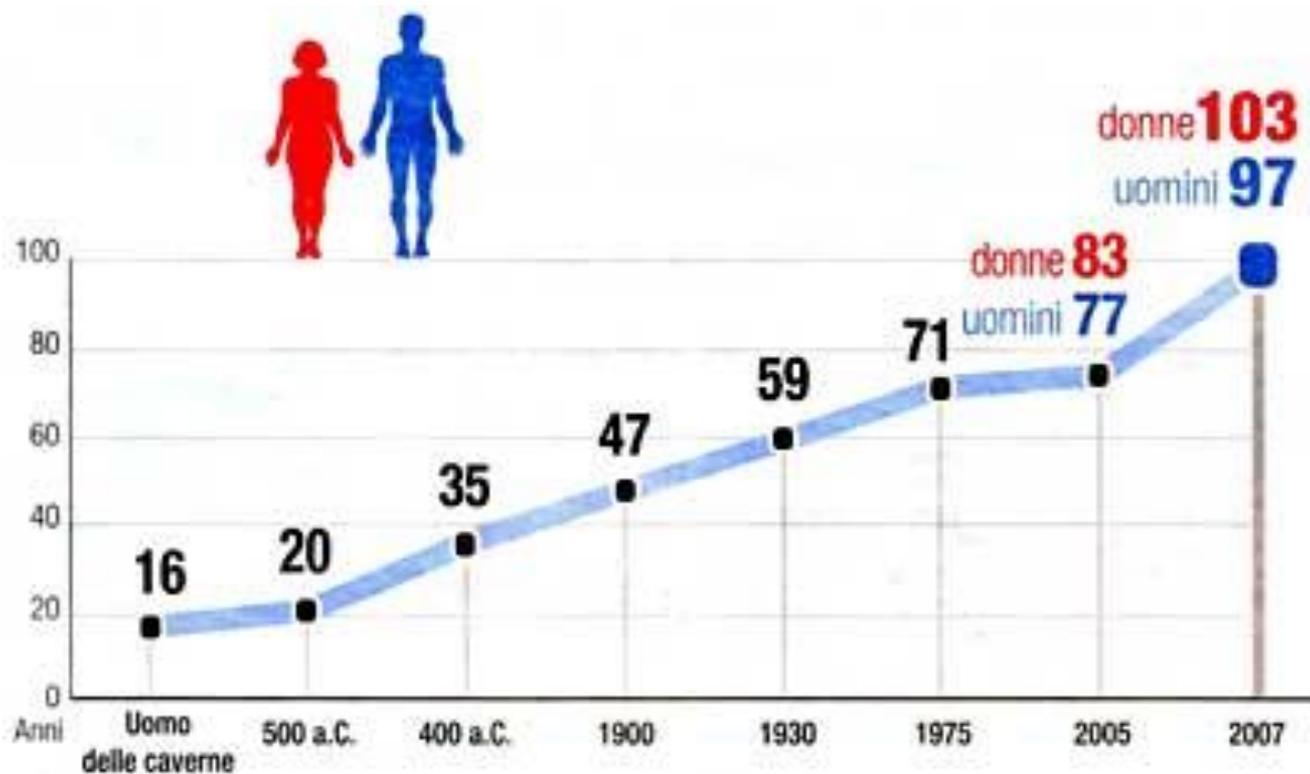
CRISI ECONOMICA, AMBIENTALE ED ESISTENZIALE:  
LE RESPONSABILITA' DELLA VISIONE DEL MONDO DOMINANTE.  
LA RAGIONE AVEVA TORTO?



*"Something, somewhere went terribly wrong."*

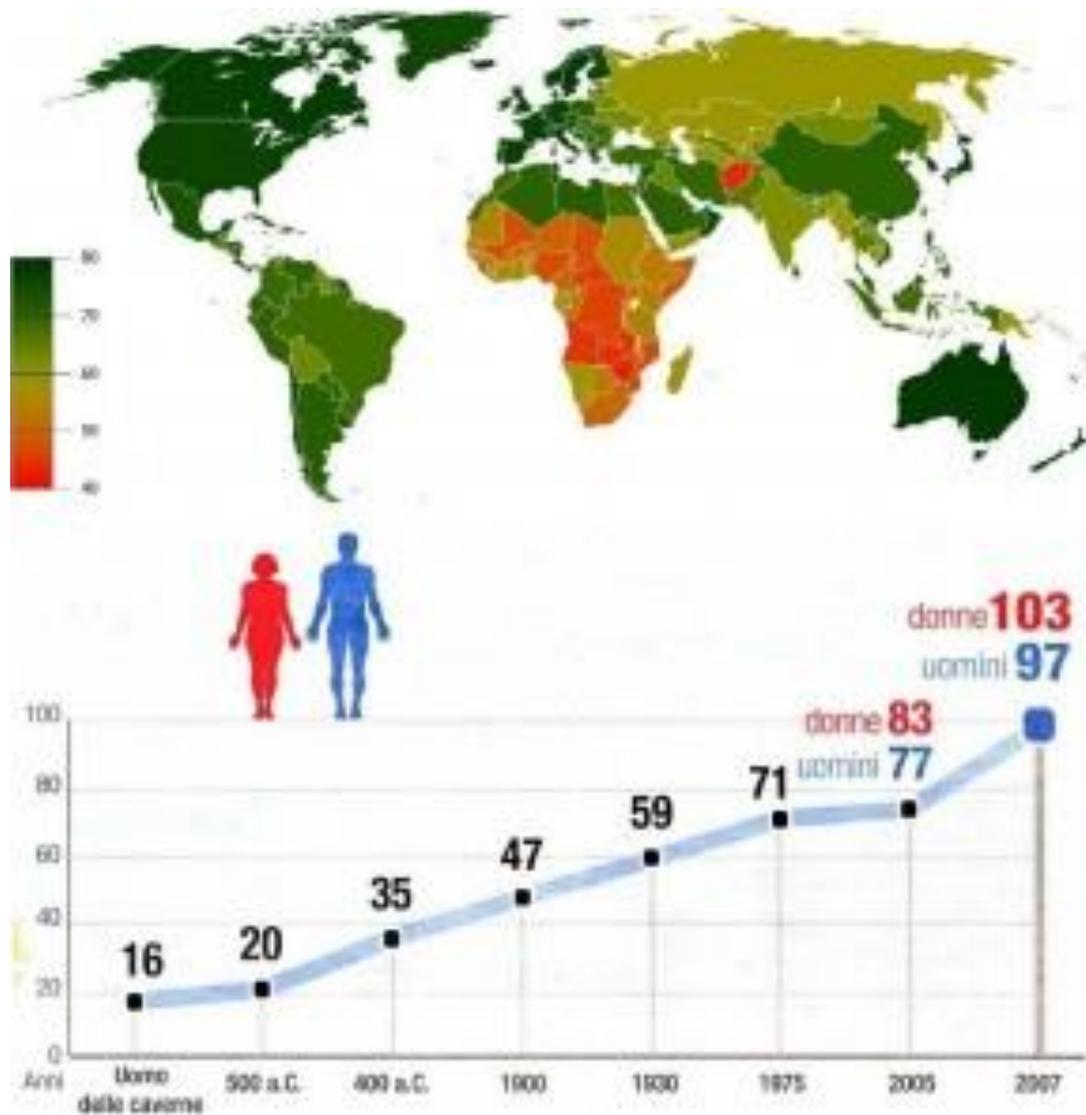
L'uomo è sempre progredito, ma il progresso a volte porta a effetti distorsivi

# L'aspettativa di vita media



E' aumentata per l'umanità nel corso dei tempi

# Ma l'aspettativa è maggiore con lo sviluppo





# Le migrazioni da sottosviluppo a sviluppo



I grandi poli d'immigrazione

Regioni di emigrazione economica dopo il 1990

Altre correnti significative



Regioni a forte emigrazione economica

Grandi correnti migratorie dopo gli anni Settanta

Nuove correnti costituite da lavoratori molto qualificati

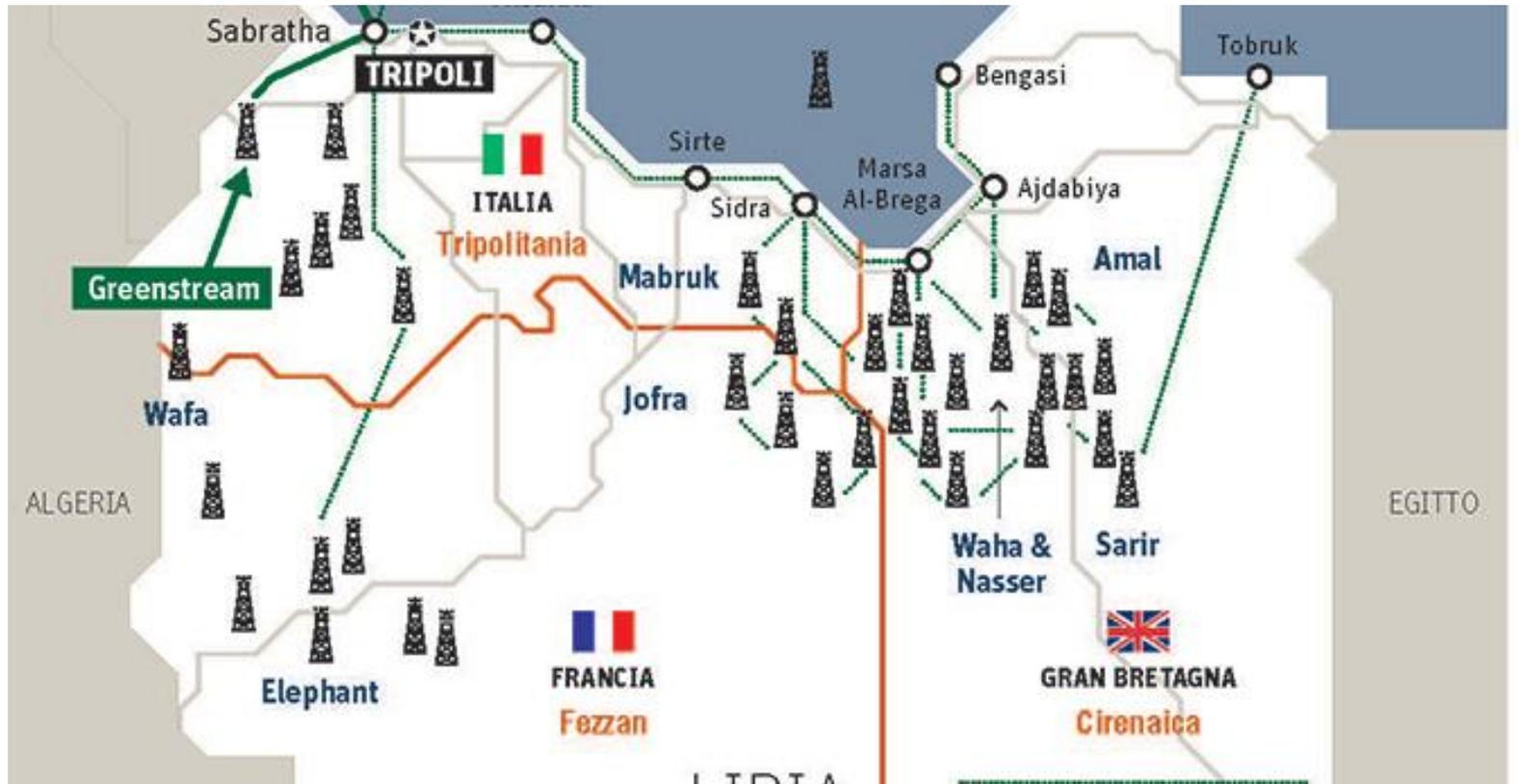


# Terrorismo e risorse



Le guerre religiose spesso hanno origini «pratiche»

# Le guerre l'energia



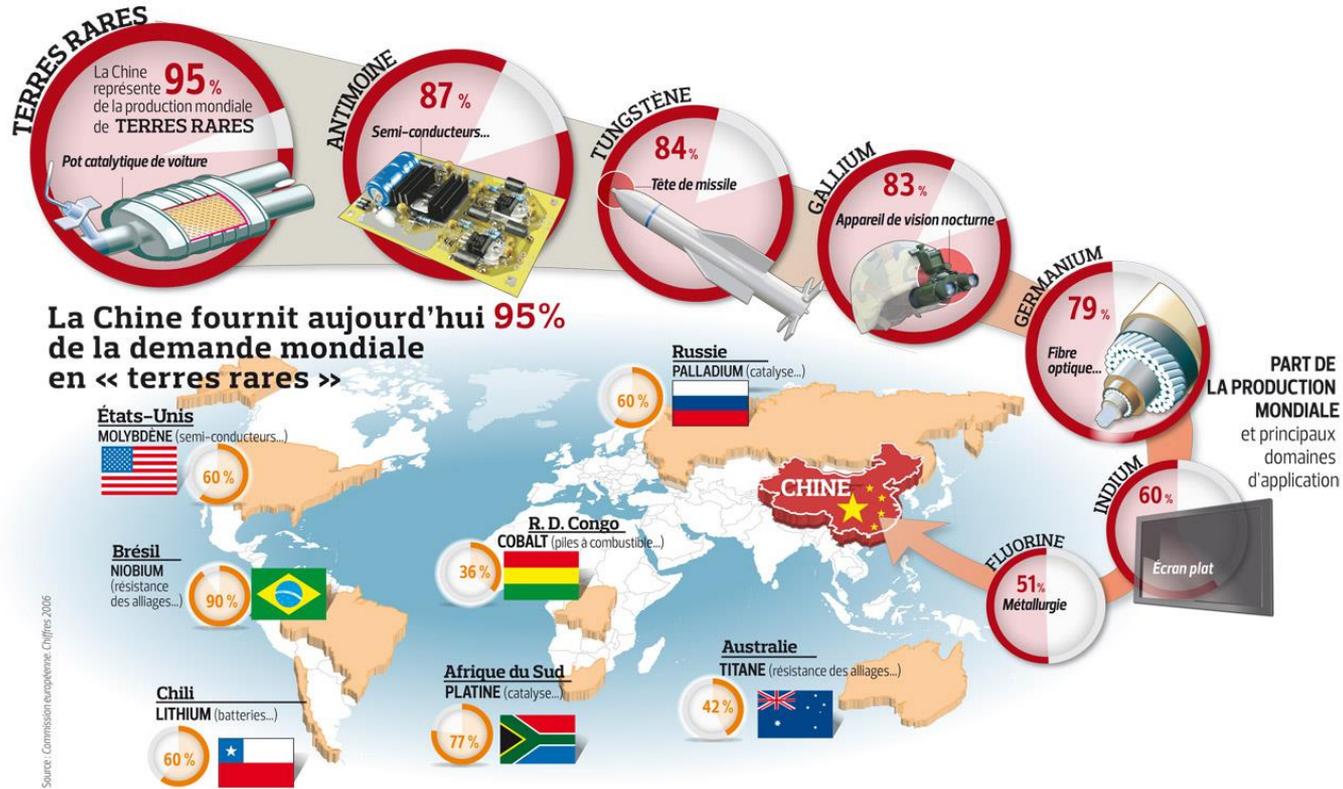
Guerra di Libia e fra Italia, Francia e UK

# Le future guerre per l'acqua



Nel 2030 quasi la metà del mondo con scarsità

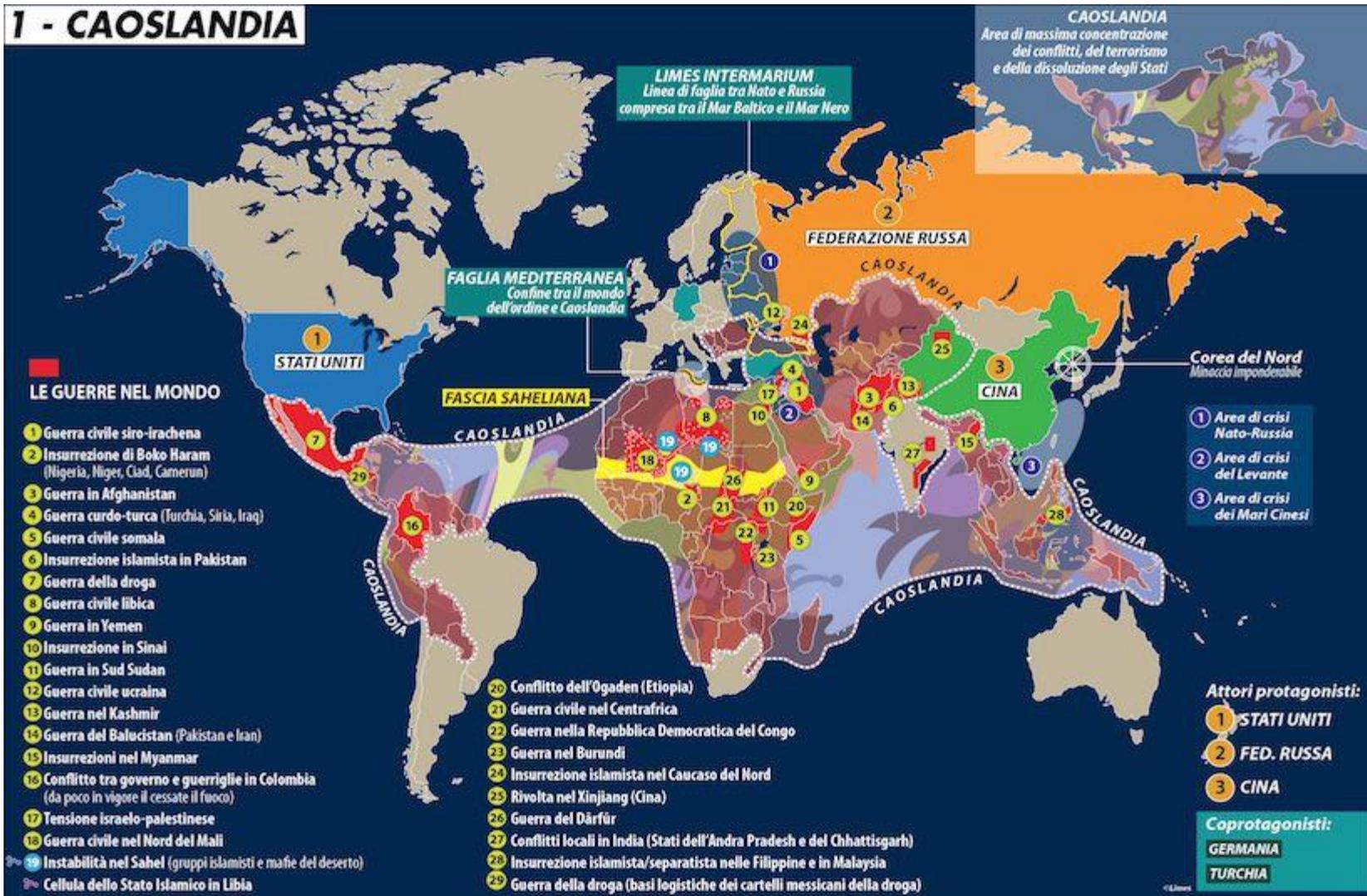
# Le future guerre per le materie prime



P.E. Le terre rare (Cina, Corea del nord, USA) che alimentano le nuove tecnologie

# Guerre nel mondo

## 1 - CAOSLANDIA



# **Energia e sfida ambientale**

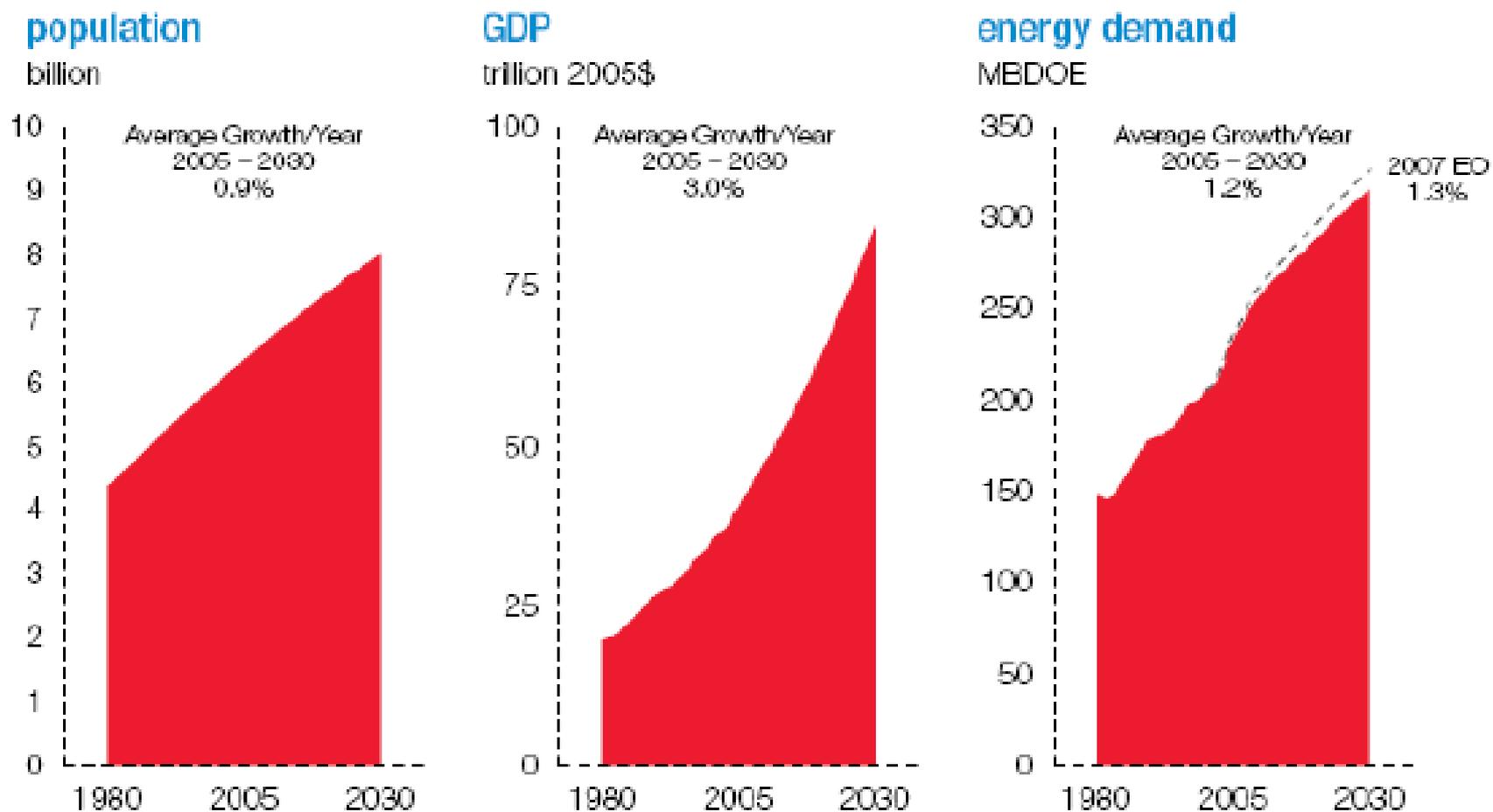
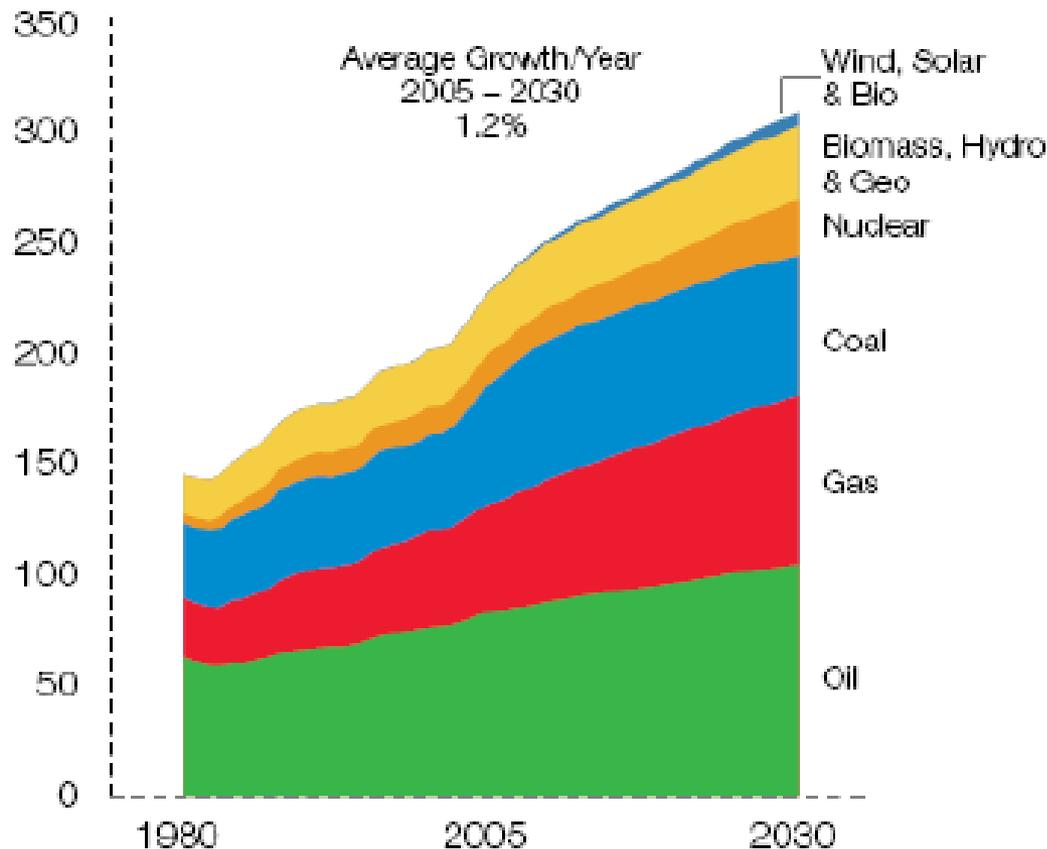


Fig. 10 – Andamenti di popolazione, reddito e domanda di energia dal 1980 al 2030 (MBDOE: Million Barrels per Day of Oil-equivalent Energy). (Da: ExxonMobil "The Outlook for Energy - A View to 2030" December 2008).

# Fonti energetiche e emissione CO<sub>2</sub>

## energy demand

MBDOE



## CO<sub>2</sub> emissions

billion metric tons

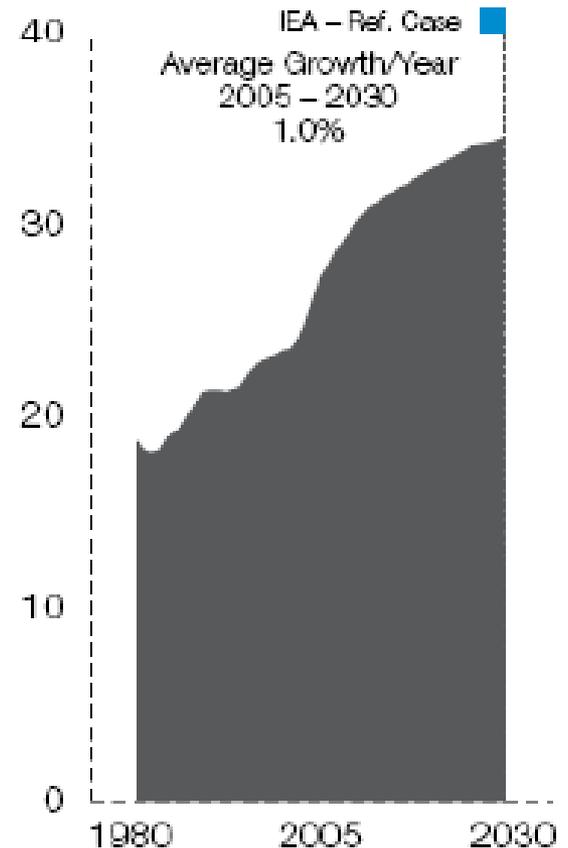
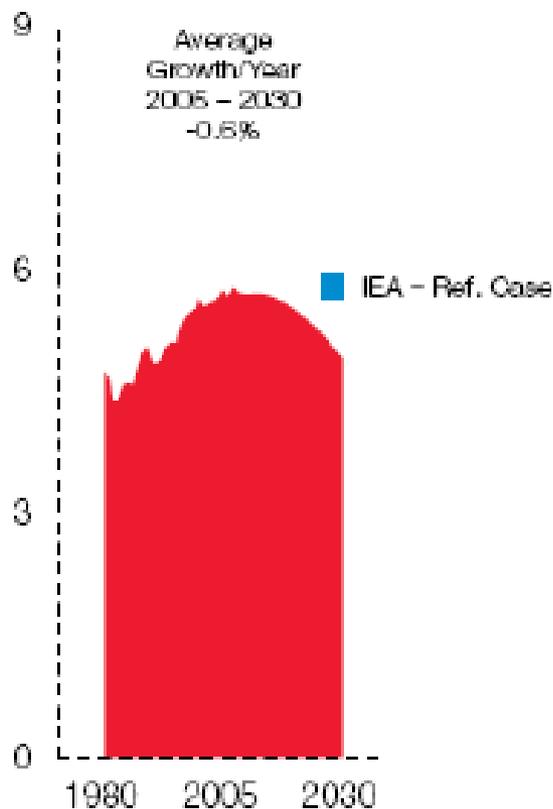


Fig. 11 – Andamenti dal 1980 al 2030 della domanda giornaliera di energia, articolata per tipo di fonte (MBDOE: Million Barrels per Day of Oil-equivalent Energy), e delle emissioni annuali di CO<sub>2</sub>. IEA - Ref. Case: Reference Case considered by the International Energy Agency. (Da: ExxonMobil "The Outlook for Energy - A View to 2030" December 2008).

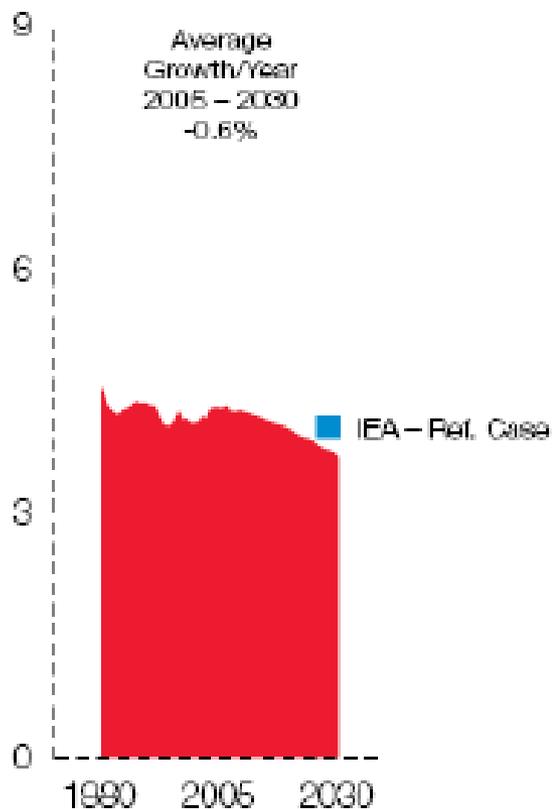
## United States

billion metric tons



## European Union

billion metric tons



## China

billion metric tons

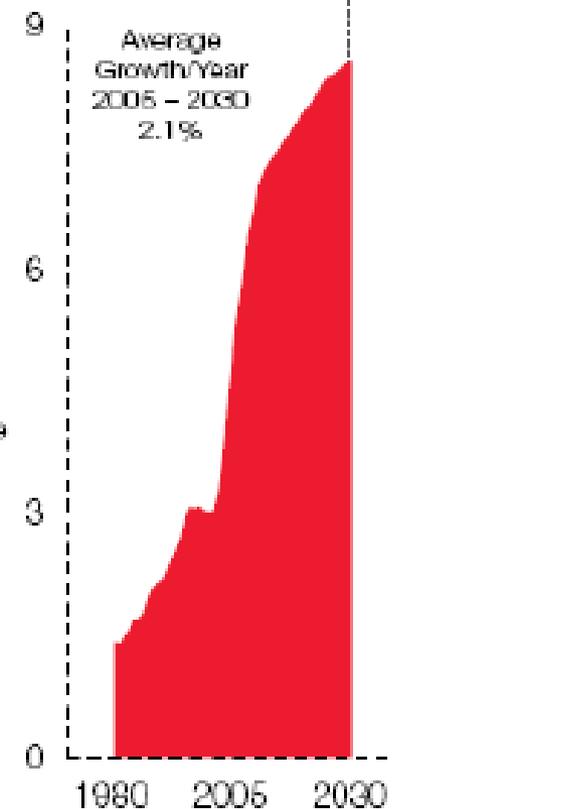
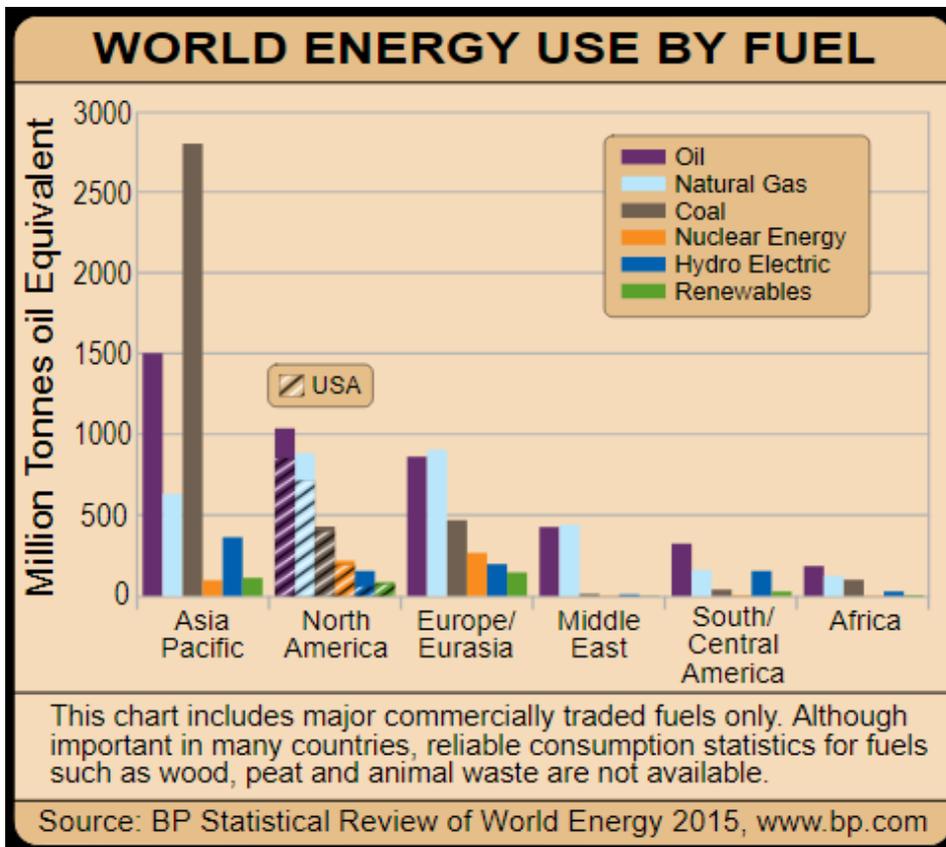


Fig. 12 – Andamento delle emissioni annuali di CO<sub>2</sub> dal 1980 al 2030, articolato per regione. IEA - Ref. Case: Reference Case considered by the International Energy Agency. (Da: ExxonMobil "The Outlook for Energy - A View to 2030" December 2008).

# Uso mondiale dell'energia per fonte



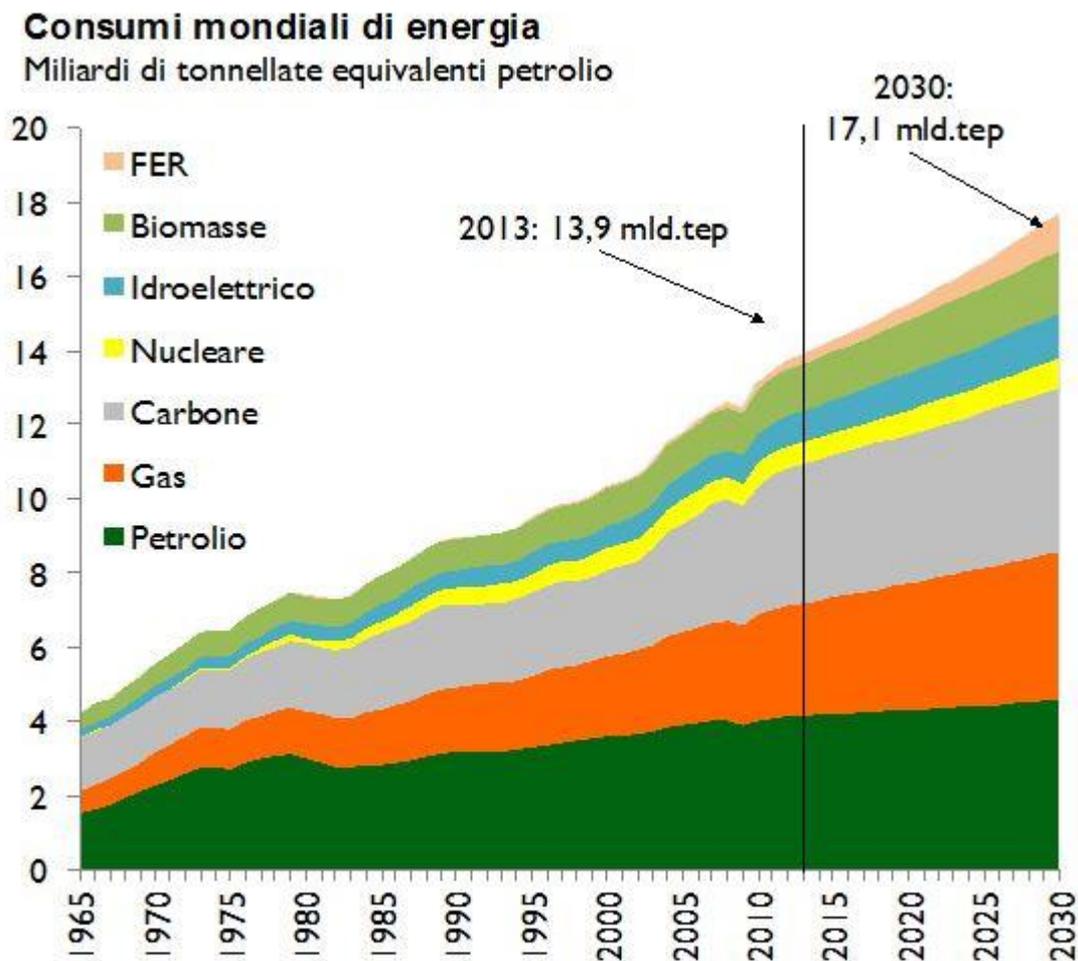
Il mix energetico mondiale si basa sugli idrocarburi petrolio e gas per circa il 57%.

Il carbone rappresenta il 29% mentre il nucleare il 4%, e l'idroelettrico il 7%.

Il restante 3% è coperto dalle fonti rinnovabili.

# L'energia

## Cosa e quanto consumiamo per fonte



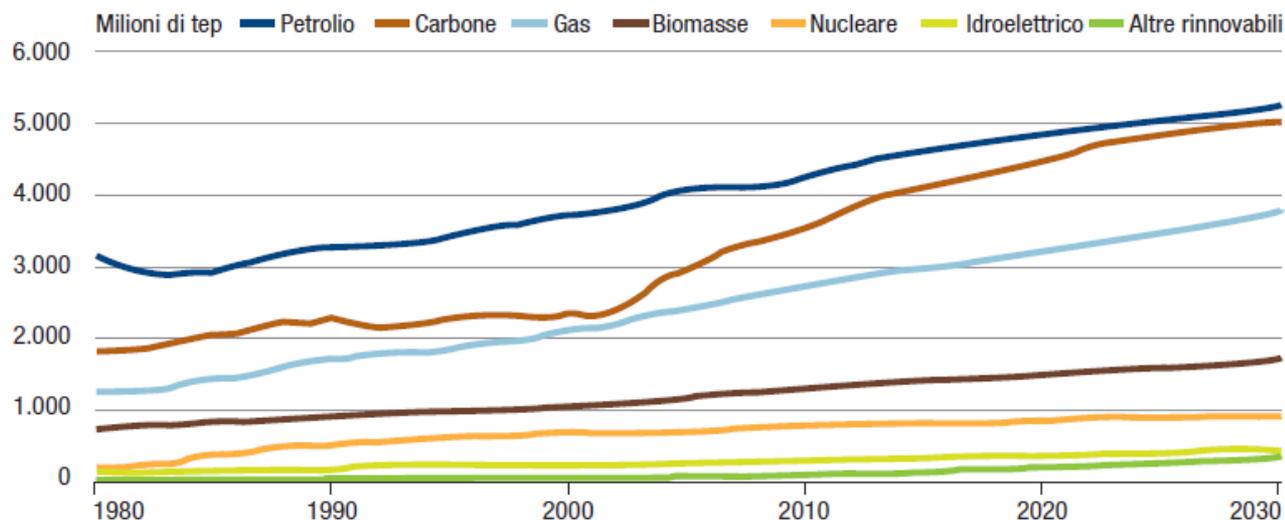
# Trend uso fonti primarie

Figura

1

Fonti primarie di energia nel mondo, 1980-2030

Fonte:  
Agenzia Internazionale dell'Energia, 2008

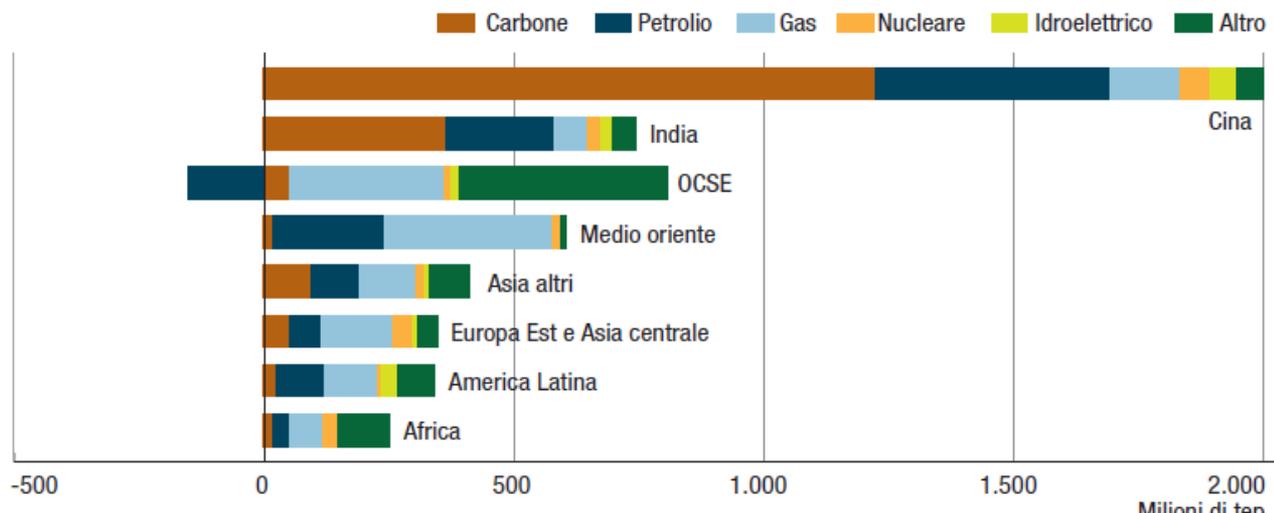


Figura

2

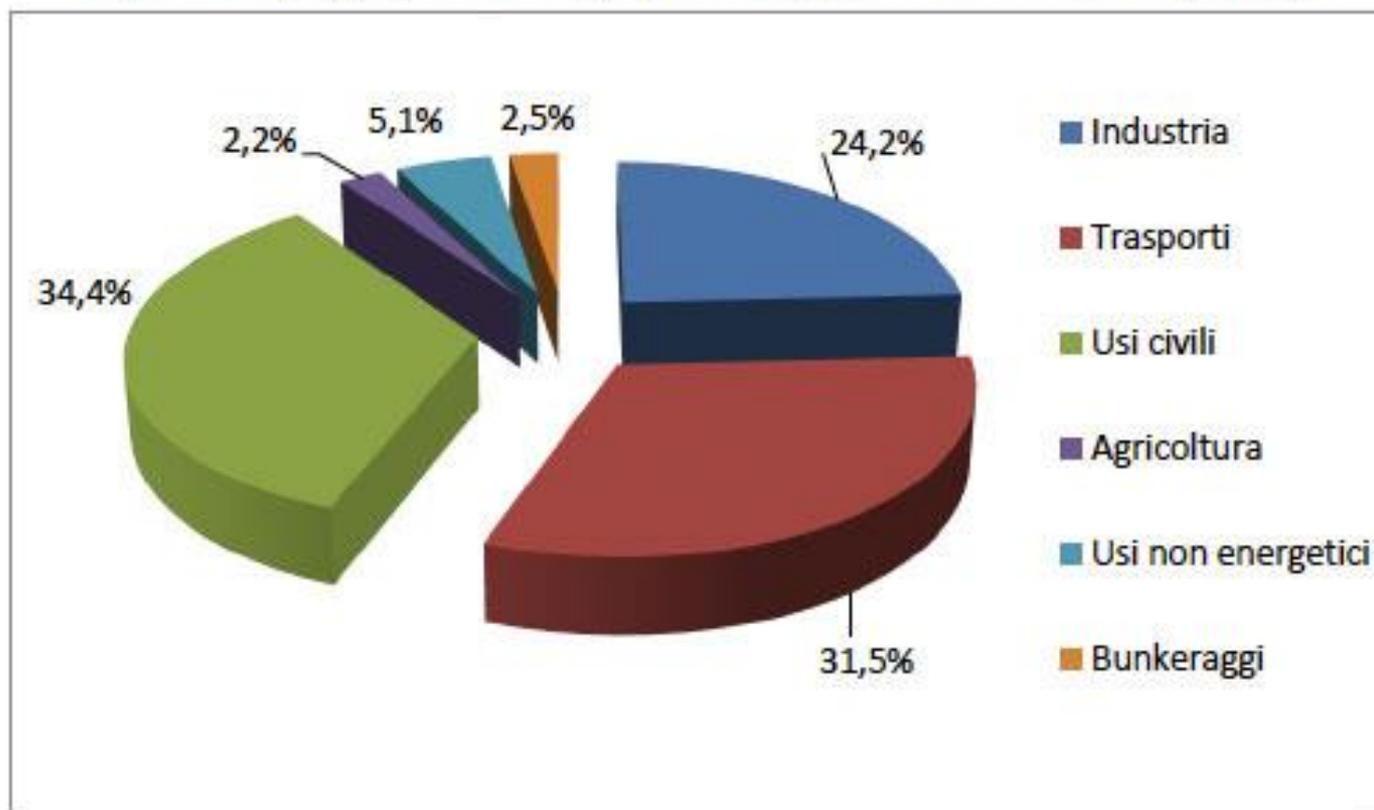
Produzione di elettricità nel mondo per fonte, 2006 e 2030

Fonte:  
Agenzia Internazionale dell'Energia, 2008



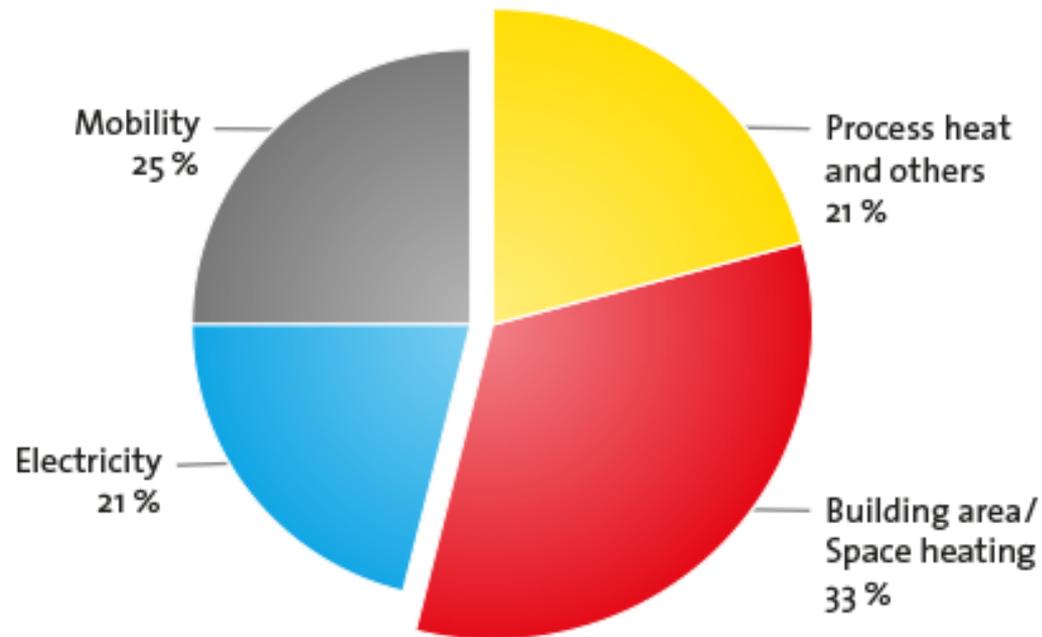
# Usi finali dell'energia

Figura 2 - Impieghi finali di energia per settore, anno 2011 - Totale 134,9 Mtep



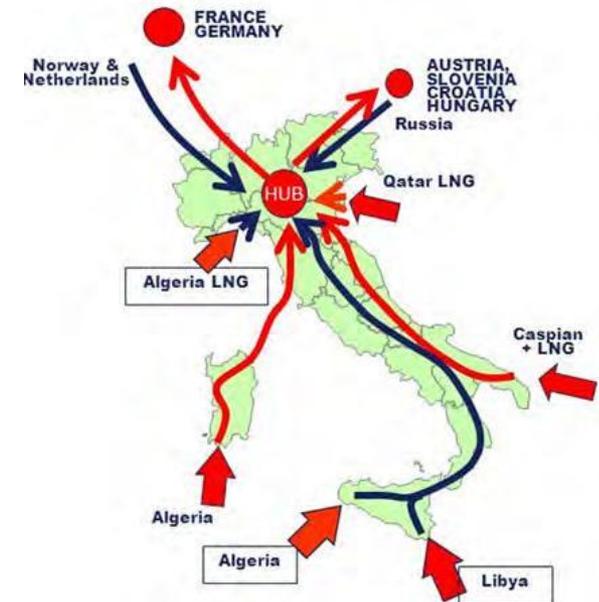
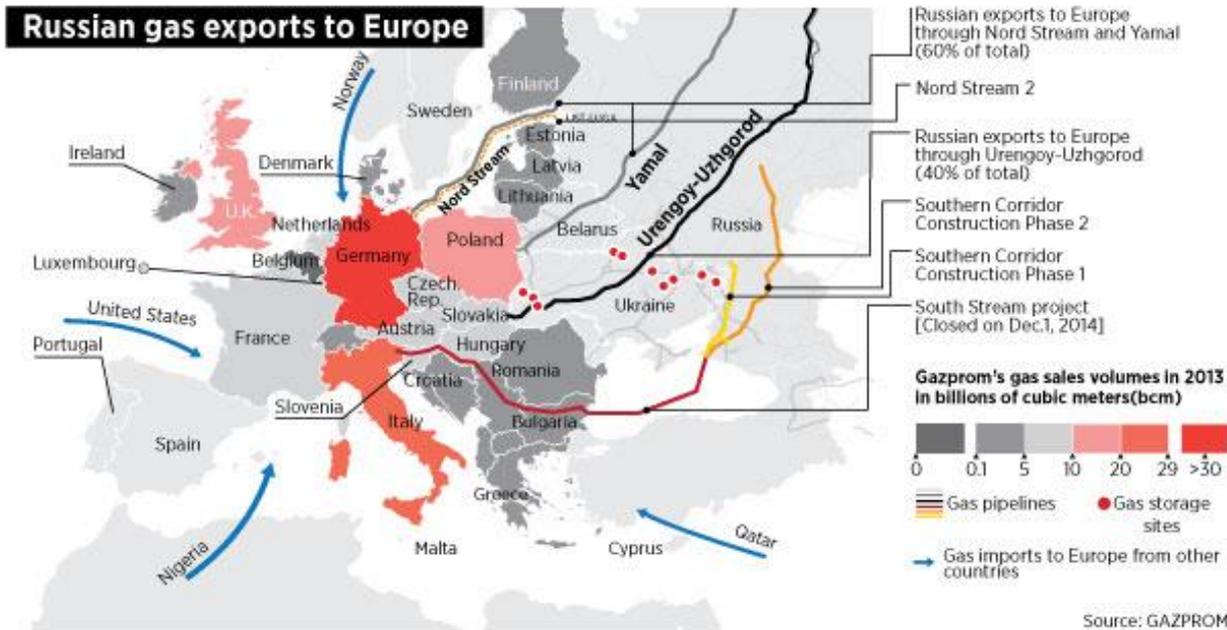
Fonte: elaborazione ENEA su dati MSE

# Usi finali considerando l'elettricità come uso finale



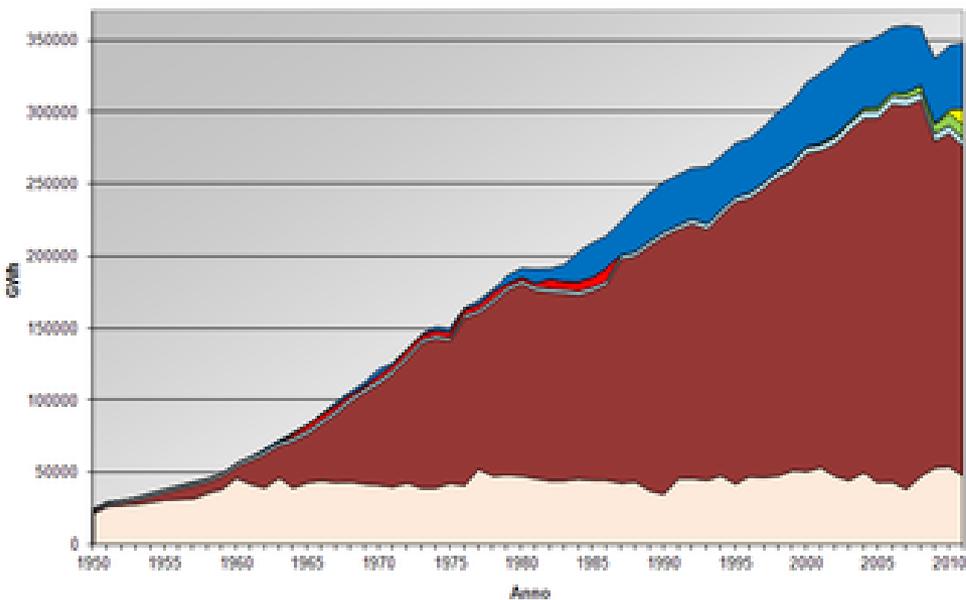
# Il gas come fattore di (in)stabilità

## la Strategia Energetica Nazionale



# Gas e hub

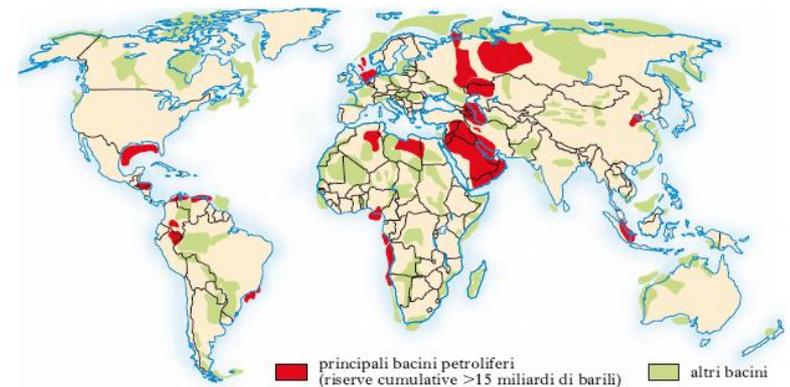
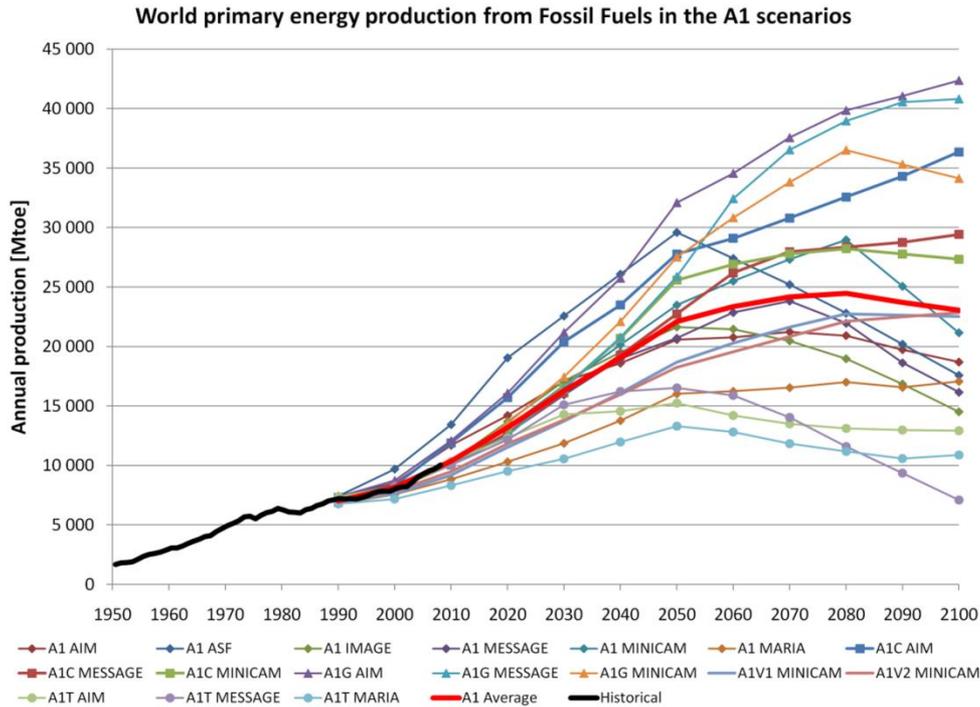
Riepilogo Storico della Produzione di Energia in Italia



- Scambi Estero
- Fotovoltaica
- Eolica
- Termonucleare
- Geotermoelettrica
- Termoelettrica
- Idroelettrica



# Quanto combustibile fossile c'è?



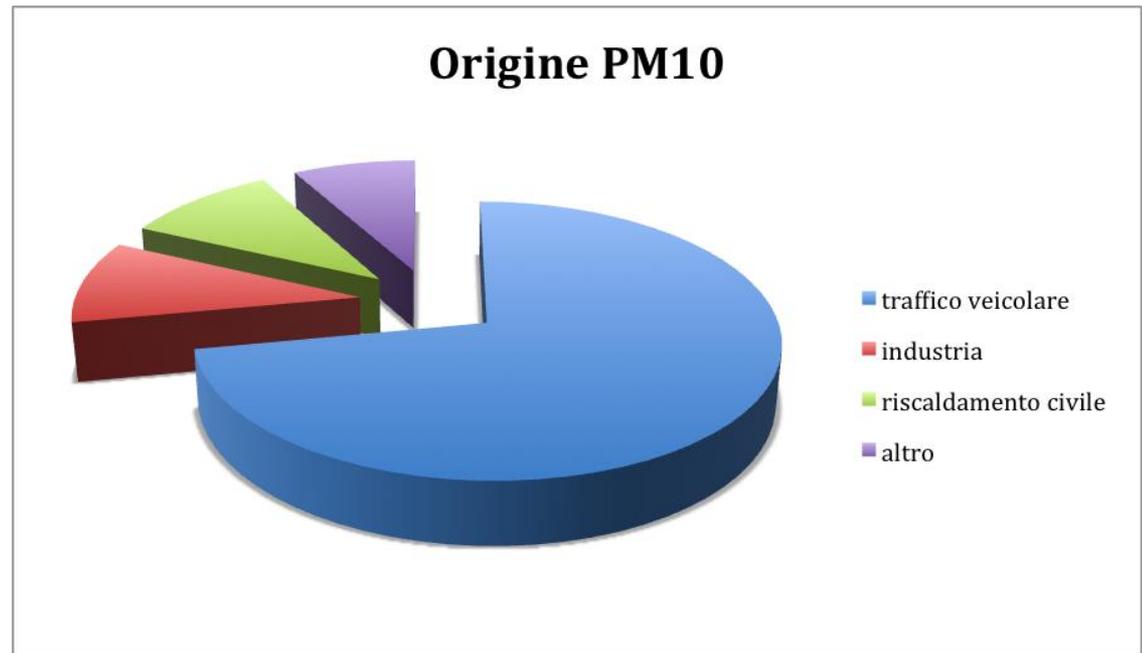
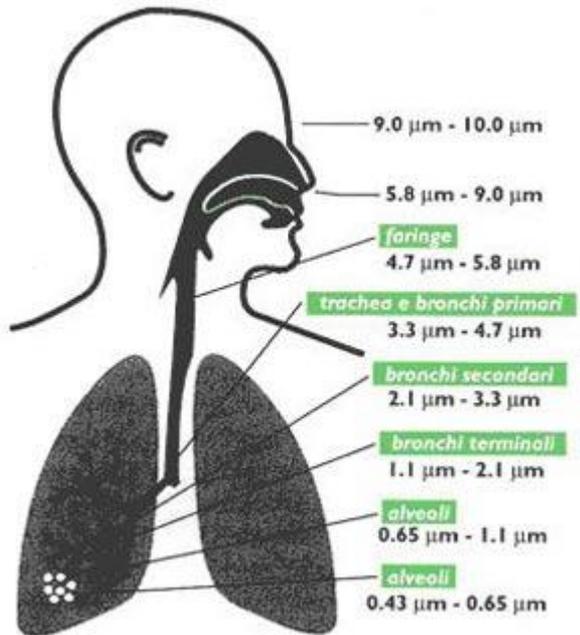
# **LA SFIDA AMBIENTALE**

# Problematiche ambientali e sulla salute dei combustibili fossili

- Carbone, olio combustibile, gas naturale: insostituibili al momento
- Polveri
- COV
- Gas serra – CO<sub>2</sub>
- Cambiamenti climatici
- Piogge acide
- Impatti sul territorio (trivelle, shale-gas)



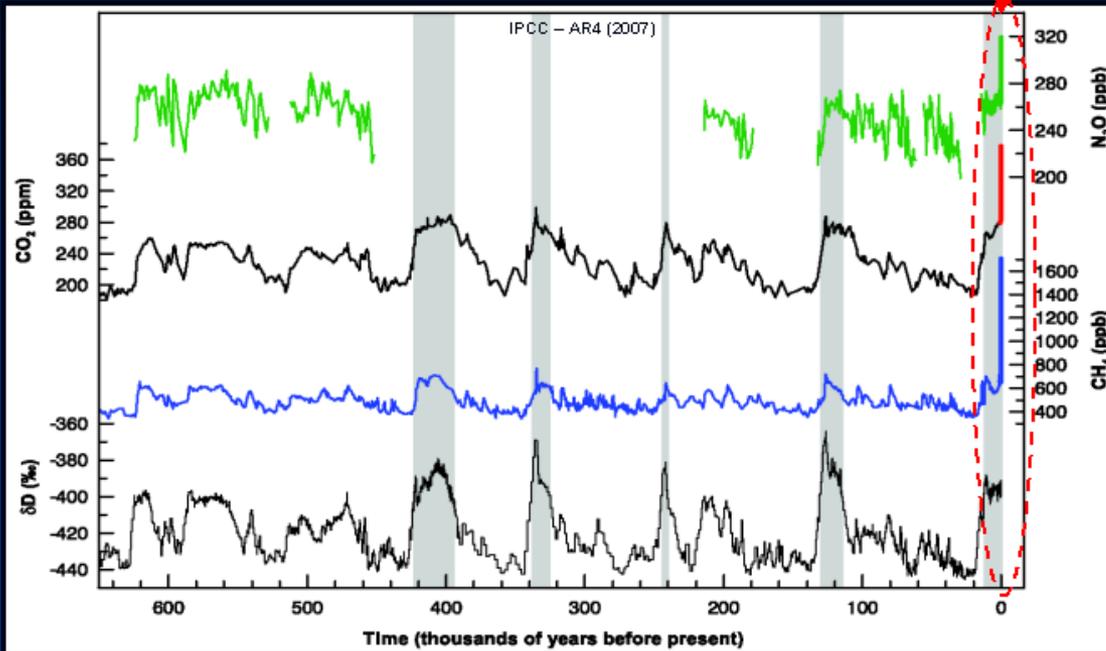
# Le polveri (pm10)





# I gas serra

## I gas effetto serra



Origine naturale ed antropica

**IPCC - AR4:** Molteplici evidenze confermano che l'aumento della concentrazione in aria dei gas serra rispetto ai valori del periodo pre-industriale (1750 ca) non deriva da meccanismi naturali

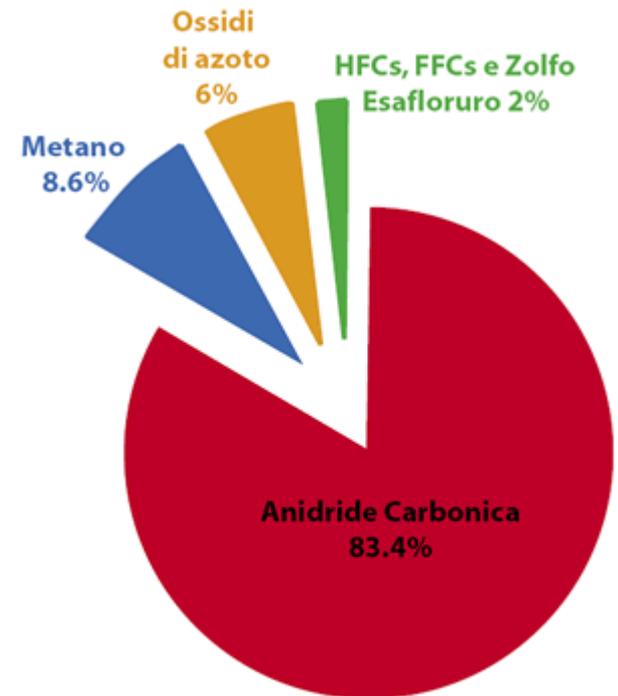
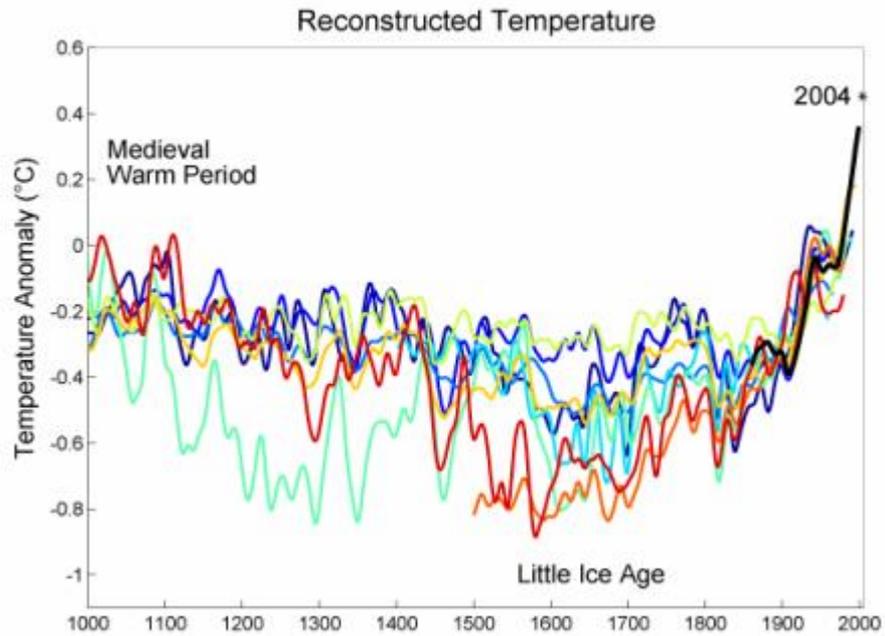


Fig. 2 - Emissione dei gas serra nel 2002 in USA (U.S. Environmental Protection Agency).

# Temperature e cambiamenti climatici



# Obiettivo primario: limitare le emissioni di gas serra

Oggi assistiamo al succedersi di fenomeni a velocità mai viste nella storia dell'uomo: Globalizzazione, progresso tecnologico, benessere, cambiamenti climatici, standard di vita, immigrazioni, cambiamenti geopolitici, terrorismo ecc...

- L'energia è sempre più importante...
- Richiesta di energia nel mondo aumenta sempre più...

## Come fare per soddisfare la domanda crescente di energia limitando sempre più le emissioni dei gas serra?

- Oggi ci troviamo all'inizio di una fase di transizione che dovrà portare a livello globale all'utilizzo di un mix energetico bilanciato tra le varie fonti energetiche che **contribuiranno insieme e non in competizione** ad avvicinarsi sempre più all'obiettivo primario.
- La politica energetica è **sempre più una politica «clima-energia»** con l'adozione delle Direttive europee sulla decarbonizzazione del sistema.

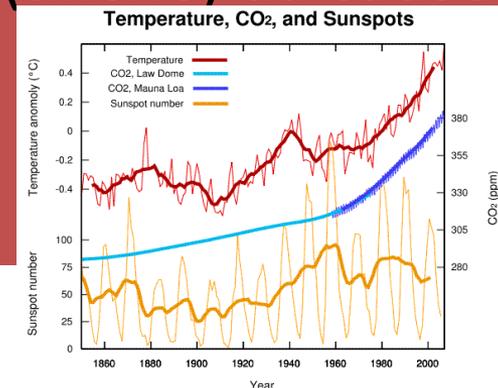
# Protocolli e COP (Conferenza delle Parti)



- Riduzione delle emissioni GHG
- Contenimento del riscaldamento globale (<math>< 2\text{ C}^\circ</math>)
- Decarbonizzazione della produzione energetica

# Sempre scarsi risultati

- Cina Federazione russa e USA, i maggiori produttori, di fatto non partecipano
- Nucleare invitato di pietra
- Rinnovabili non riescono a sostituire le fonti fossili
- Fallimento totale di tutte le COP perché la sostituzione di potenza fossile va fatta con altrettanta potenza decarbonizzata
- Cambiamenti climatici dipendenti (anche) da cause non antropogeniche (macchie solari?)





# Efficienza energetica



Stesso bene finale con minor consumo di energia primaria e quindi impatto su ambiente e salute

# Energie decarbonizzate



# Idrogeno



- Non è una fonte ma un vettore
- Si produce per via elettrochimica (elettrolisi) o per termochimica da impianti nucleari, solari, fossili
- Il prodotto della combustione è acqua (vapore)
- Può essere utilizzata nelle automobili attraverso fuel-cells, cioè batterie a idrogeno
- Può essere prodotto da metano con steam-reforming
- Si incendia ed oltre certe densità è esplosivo



# Elettrificazione



- 0 emissioni nell'uso finale
- 0 emissioni nella trasmissione
- Produzione mediante molteplici fonti
- Uso finale senza limitazioni
- Flessibilità di impiego
- Flessibilità di cablaggio
- Energia ottimale per tecnologie moderne

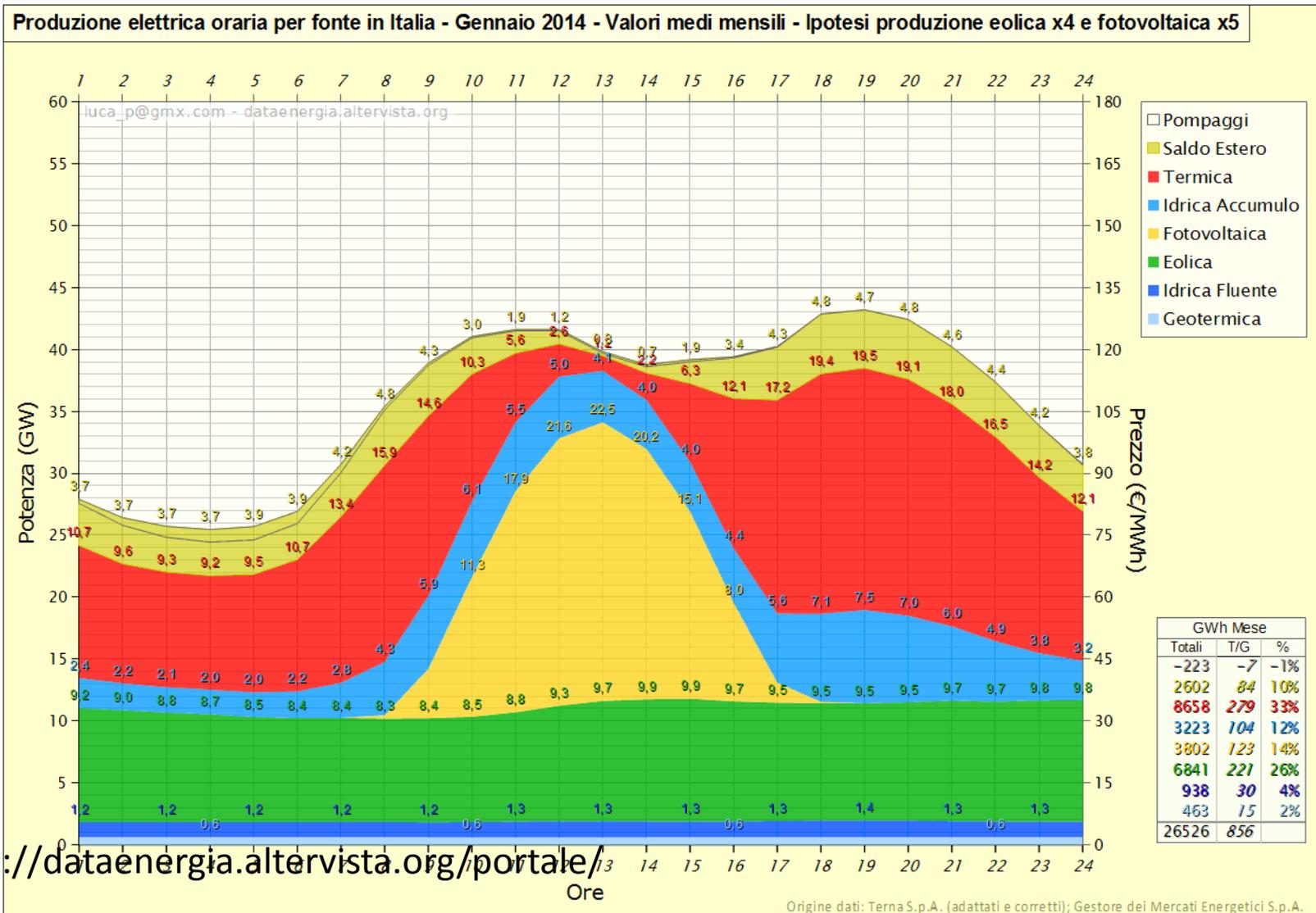
# Fonti di energia rinnovabili



# Vantaggi e svantaggi fonti rinnovabili

- 0 emissioni nel periodo di produzione
- Solare e vento sono intermittenti, basso fattore di carico concentrato in ore e periodi (10 %)
- Pendolazione ed instabilità della rete elettrica (black out)
- Bassa densità di potenza e quindi grande occupazione di territorio a parità di potenza
- Capacity payment
- Degrado paesaggistico (pannelli e pale)
- Impatto da rumore (eolico)
- Incidenti idraulici (dighe)
- Bilancio energetico in tutto il ciclo vita

# Il problema della intermittenza

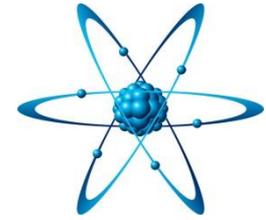


# Geotermia

- Inesauribile, continua e costante
- Produzione elettrica (caso Islanda, Larderello)
- Produzione termica
- Impianti teleriscaldamento (Ferrara), termali autosufficienti
- Esperienza nella perforazione
- Impatto ed emissioni venefiche
- Spesa impiantistica iniziale



# L'energia nucleare

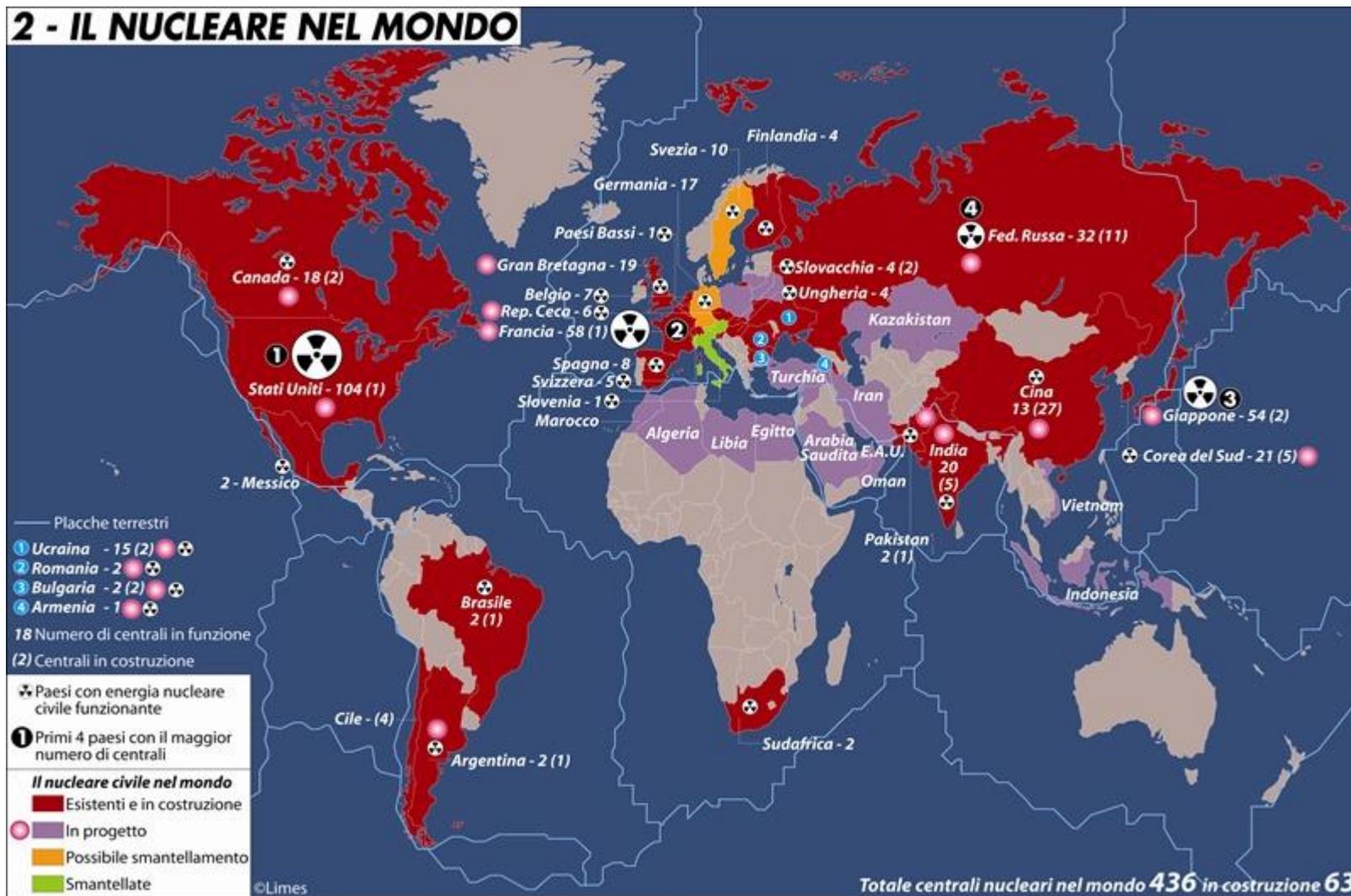


- Grandi potenze
- Stabilità produzione
- Alto fattore di carico
- Emissioni 0
- Basso footprint
- Alta tecnologia
- Sicurezza nucleare
- Gestione rifiuti radioattivi
- **Reattori di IV e fusione per un ciclo chiuso del combustibile nucleare**



# Impianti nucleari nel mondo

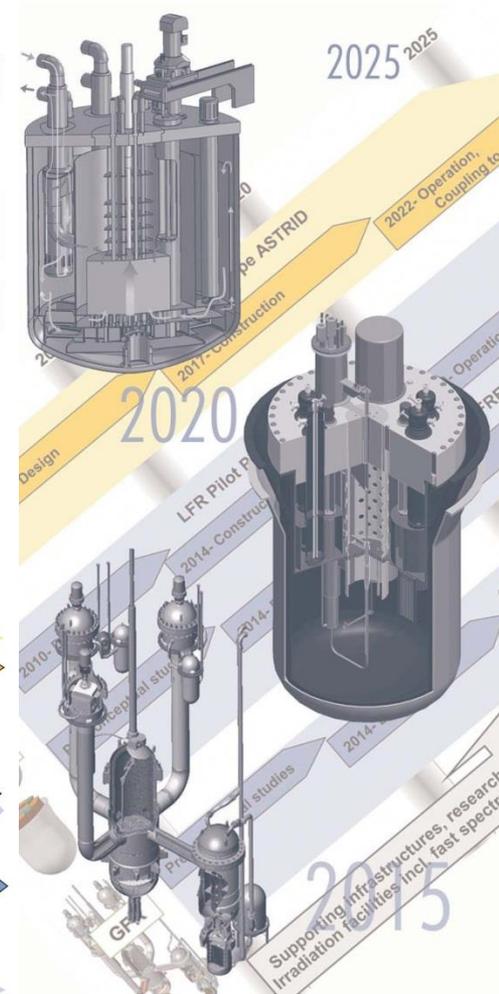
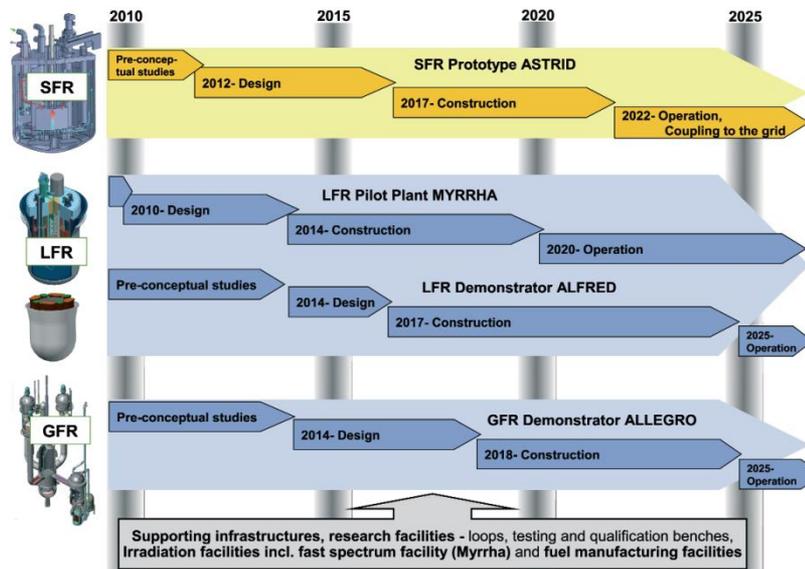
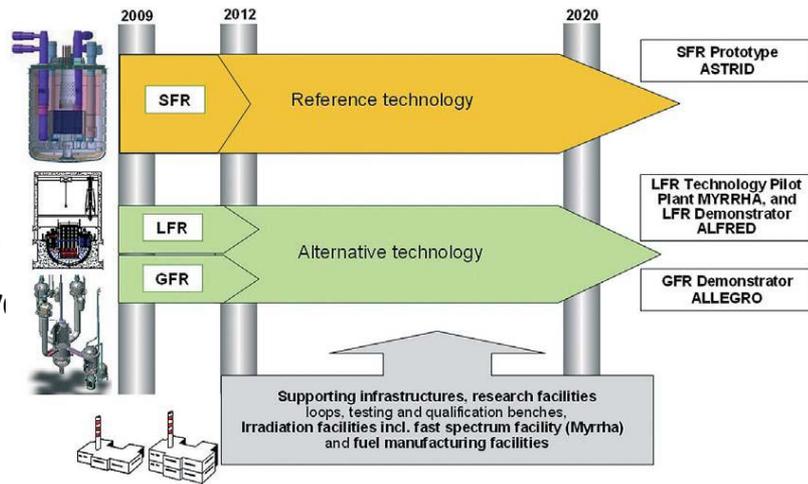
## 2 - IL NUCLEARE NEL MONDO



# Reattori di nuova generazione in ciclo chiuso



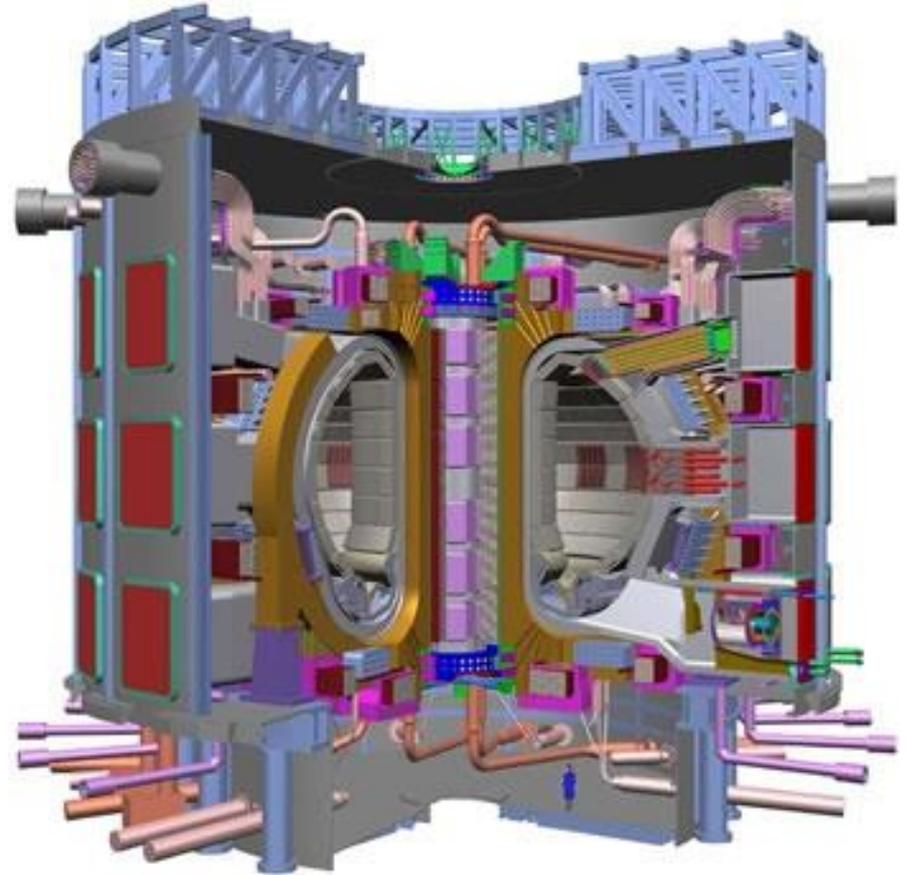
**ESNII**  
The European Sustainable  
Nuclear Industrial Initiative  
October 2010  
A contribution  
to the EU  
Low Carbon  
Energy Policy:  
Demonstration  
Programme  
for Fast Reactors



# ENEA e Fusione termonucleare controllata

Il progetto internazionale **ITER** (International Thermonuclear Experimental Reactor) rappresenta il prossimo passo nello sviluppo dell'energia di fusione. ITER sarà il primo impianto a fusione di dimensioni paragonabili a quelle di una centrale elettrica convenzionale, ed ha il compito di dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della fusione come fonte di energia.

**Il progetto dettagliato di ITER è stato messo a punto negli ultimi anni sulla base di un'intensa attività di Ricerca e Sviluppo condotta in numerosi centri di ricerca, università e industrie di tutto il mondo a cui hanno partecipato centinaia di ricercatori e tecnici.**



# Nucleare per la sostenibilità ambientale

## *Environment Integrated Plan*

### **PROPOSTA**

Si propone di creare e presentare ai Governi, nelle proprie nazioni, un piano integrale per l'ambiente (*Environment Integrated Plan*), articolato secondo i contributi derivanti dalle tecnologie e dai processi innovativi, ad alto impatto sull'ambiente, e da adottare per il proprio futuro. I Governi potranno così adottare tali Piani e creare congiuntamente un Ambiente globale più sostenibile possibile.

Come applicare la proposta di Piano?

Ogni Nazione, elaborato il proprio Piano, potrà perseguirlo e raggiungere i risultati sperati che porteranno ad impatto ambientale "zero"

L'approccio sistemico con tale Piano da parte delle Nazioni e di gruppi di Stati sarà esemplare e concorrerà ad una soluzione globale della crisi ambientale.

Chi potrà aiutare i Paesi Poveri a formulare tali Piani?

Possono farlo comunità di Scienziati/Esperti internazionali in stretto rapporto con i rappresentanti delle Nazioni interessate.

### **PERCHÉ?**

È il momento di guardare e progettare il nostro futuro in modo integrale sull'ambiente, poiché a causa della persistente minaccia delle armi nucleari e il progressivo "dissesto" del Creato (si consideri ad esempio "lo scioglimento del Polo Nord" avvenuto in pochi anni) verremo presto coinvolti tutti in massa!

### **COME?**

Come si può fronteggiare tale minaccia globale nel breve tempo a disposizione?

Con la formulazione di un piano integrale per l'Ambiente a partire dalla propria nazione, sia quelle più tecnicamente evolute sia quelle più povere, che comprenda i contributi di tutti gli interventi a forte impatto ambientale che si compensano e portano ad uno sviluppo in tempi brevi.

Quali sarebbero i principali interventi a forte impatto da armonizzare per impatto – zero sull'ambiente?

Fabbisogni degli abitanti

Energia elettrica (rinnovabile, fossile, nucleare)

Energia termica (da fossili, da sole, etc)

Agricoltura moderna

Forestazione programmata

Chimica (produzioni integrate di plastiche e prodotti innovativi, utilizzo degli scarti, farmaci, etc..)

Ciclo completo per prodotti ad uso domestico

Ciclo completo per prodotti tecnologici di consumo (vetro, metalli, pannelli solari obsoleti, etc..)

Ciclo completo per prodotti industriali (organici, tossici, etc..)

Etc.

### **PRIMI ESEMPI ESISTENTI**

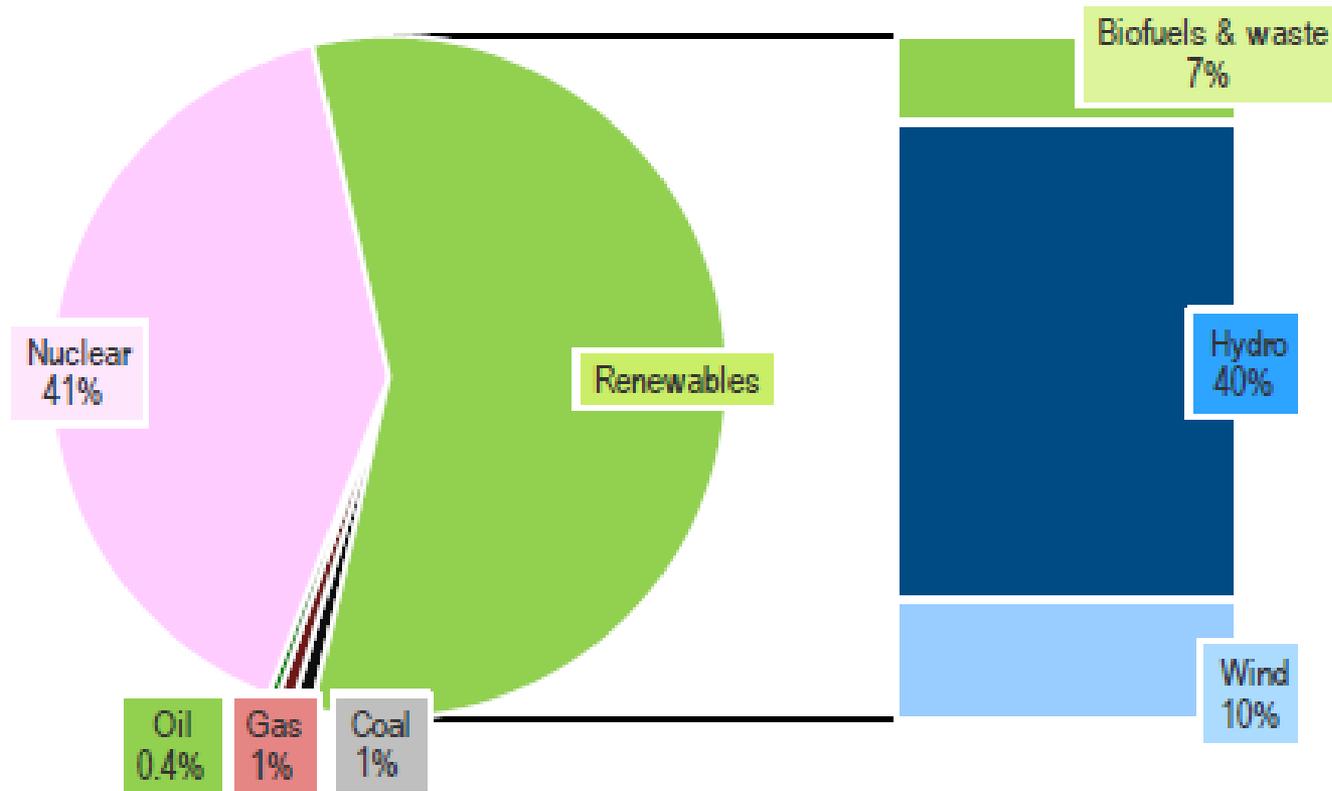
Esempi di Nazioni che per se stesse hanno già avviato un Piano Integrale per l'ambiente:

Francia, Svezia, ecc.

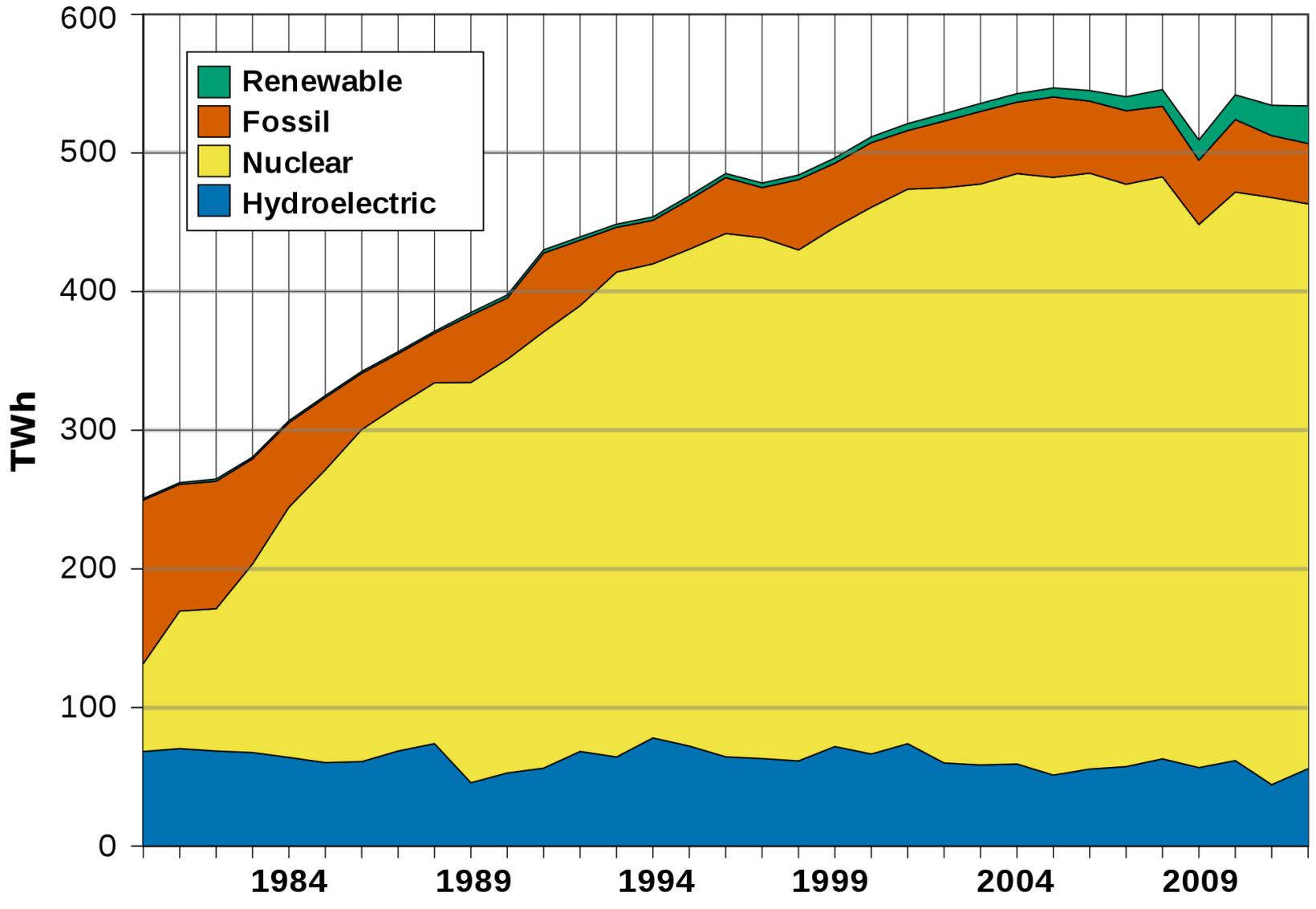
# Due casi di successo: Svezia e Francia

**ELECTRICITY GENERATION: 154.8 TWh**

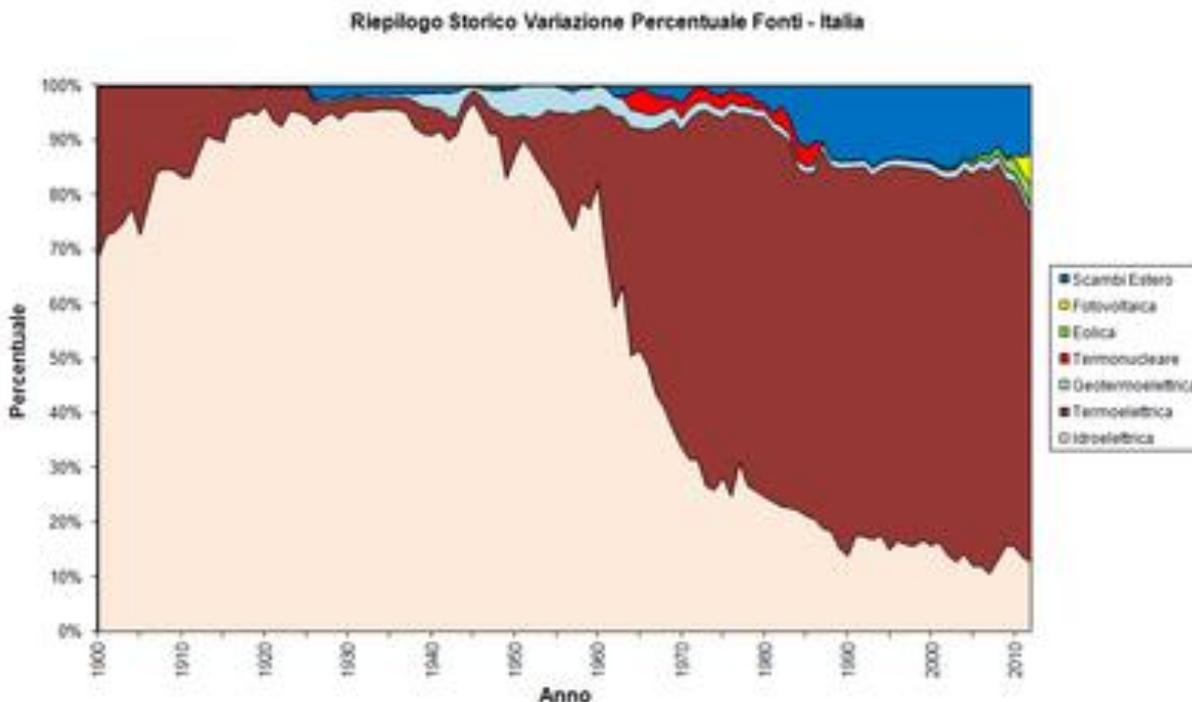
**57% renewables (IEA average: 24%)**



# Electricity production in France



# Il risultato è questo



Oil & Gas, proprio le energie «carbonizzate», costituiscono circa il 70%, tutto di import estero

# Un confronto: Italia vs. Francia

The potential of nuclear power to replace fossil fuels with low carbon electricity is shown by the examples of France and Italy. Neither country has significant fossil fuel resources, yet France is much less dependant on fossil fuels than its neighbour, because of its widespread embrace of nuclear energy. Italy has no nuclear power stations; the ones it had were closed down following a post-Chenobyl Referendum. As a result, Italy is highly reliant on fossil fuels.

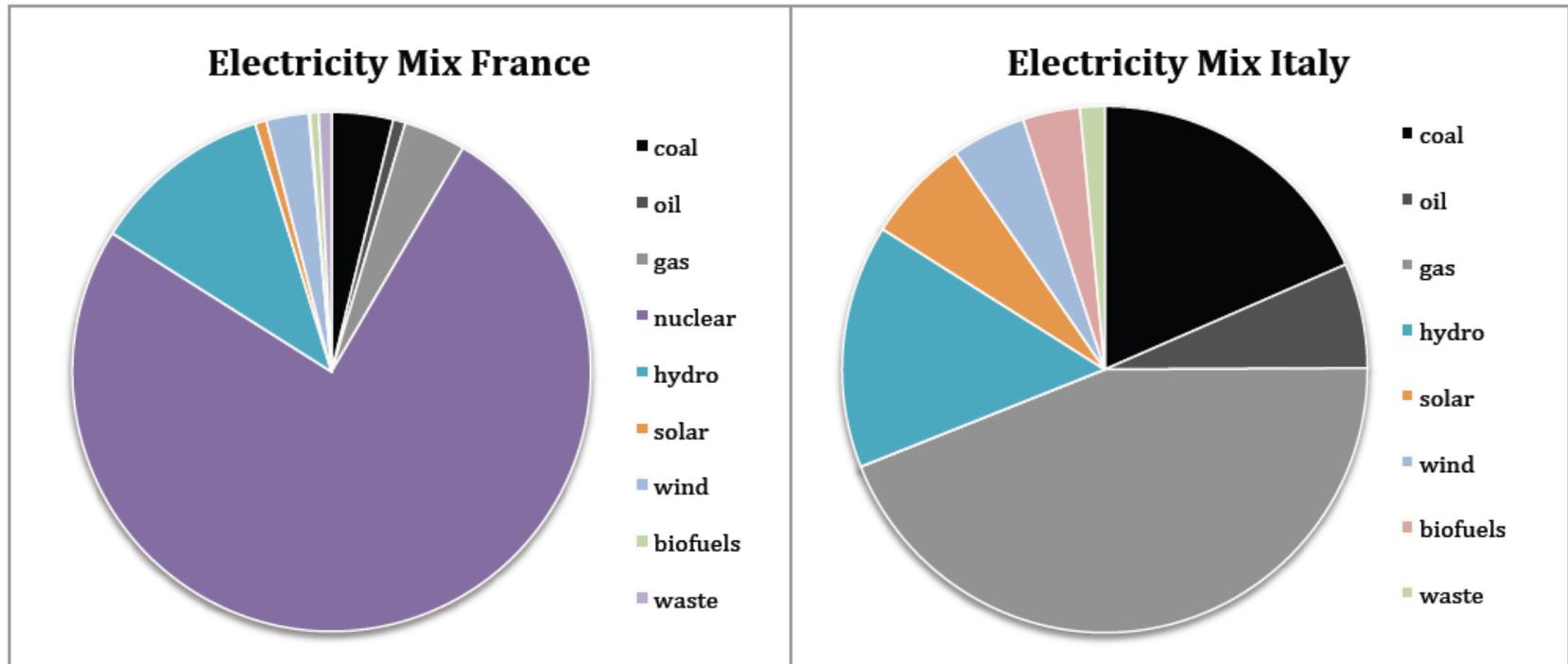


Figure 2: Electricity Mix in France and Italy 2012. Source: IEA

# Il caso della Cina (1/2)

**A fine 2015**, la **potenza elettrica** installata in Cina era **1508 GWe** (990 GWe fossile, 319 GWe idro, 26 GWe nucleare, 129 GWe eolico, 43 GWe fotovoltaico).

**Nel 2015**, la **produzione elettrica** è cresciuta, di poco, fino a **5810 TWh** (quasi 20 volte l'Italia) (da fossile 4242 TWh, da idro 1126 TWh, da nucleare 171 TWh e da nuove rinnovabili 271 TWh).

**La nucleare è la fonte che è cresciuta più rapidamente nel 2015 (29%).**

*From:* <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx>

# Il caso tedesco: quando la demagogia inguaia



Sta distruggendo i suoi villaggi storici per scavare carbone ed alimentare l'industria pesante in parte strappata all'Italia

**Elementi di sicurezza nucleare  
da applicare  
ad altri settori convenzionali.**

# RISCHIO AMBIENTALE

Si intende per rischio la possibile perdita di valore di uno o più elementi (popolazione, manufatti, attività sociali o economiche) esposti al pericolo degli effetti prodotti da un particolare fenomeno naturale ritenuto pericoloso. Si tratta, cioè, delle conseguenze come numero di morti, feriti, danni sociali, economici eccetera, prodotte da un particolare fenomeno **naturale o di origine antropogenica "pericoloso"**.

Esso è definito dal prodotto di tre parametri: la pericolosità, la vulnerabilità e il valore esposto, secondo la "classica" formula:

$$R = H \times V_u \times V_a$$

Nella quale H indica la pericolosità (la probabilità di accadimento),  $V_u$  la vulnerabilità e  $V_a$  il valore esposto.  $V_u \times V_a$  determinano le conseguenze.

La pericolosità è la probabilità che, in un dato intervallo di tempo, l'evento si verifichi con una definita intensità in una data area. Ad esempio è la probabilità che un terremoto colpisca ad intervalli di tempo ricorrenti un'area della superficie terrestre; oppure è la probabilità che una determinata area vulcanica venga investita, in un secolo, dalle lave prodotte da un'eruzione. **E ancora la probabilità di accadimento di un incidente industriale o civile con esplosione, incendio e rilascio di sostanze inquinanti, radioattive o tossico nocive.**

La vulnerabilità è la stima della percentuale delle opere costruite dall'uomo che non è in grado di resistere all'evento considerato e della perdita presumibile in vite umane.

Il valore esposto a rischio è valutato sia dalla perdita in vite umane che dal prevedibile danno economico.

# Ponte Morandi – Agosto 2018

43 vittime  
9 feriti



# RISCHIO IDROGEOLOGICO



RAGANELLO – AGOSTO 2018  
SARNO (2011) –  
BISAGNO GENOVA (2014)  
CATASTROFE NATURALE  
URBANIZZAZIONE ABUSIVA  
URBANIZZAZIONE SELVAGGIA

# Bhopal (India) – Union Carbide 1984

40 tonnellate isocianato di metile

3.787 morti direttamente correlate all'evento,[4] ma stime di agenzie governative arrivano a 15.000 vittime, 3900 invalidi , inquinamento ancora presente dopo 30 anni

Seveso (ICMESA), triclorofenolo 300 persone colpite da cloracne



# Piattaforma petrolifera *Deepwater* *Horizon* – British Petroleum – Pozzo Macondo – Golfo del Messico – 20 Aprile 2010

Milioni di barili di petrolio

Frazioni pesanti sul fondo marino – Marea nera – Disastro ambientale fauna e flora marina – Più grave della Exxon Valdez del 1989



# RISCHIO RIFIUTI URBANI



# Impatto generale sull'ambiente delle fonti energetiche

- Uso materie prime (R/NR)
- Uso di fonti di energia
- Produzione (scarichi eser.)
- Trasporto (en/scarichi)
- Rifiuto finale
- Impatto sul territorio (orma)



# SICUREZZA NUCLEARE

L'obiettivo della sicurezza nucleare è quello di applicare le migliori procedure riconosciute a livello internazionale per quanto riguarda i requisiti per la localizzazione del sito, le modalità di funzionamento dell'impianto, la protezione delle persone e dell'ambiente esterno. La sicurezza deve essere garantita nei confronti di eventi sia interni che esterni all'impianto, nonché nel caso di errori da parte degli operatori dell'impianto medesimo. Il principio base della sicurezza adottato nel progetto degli impianti nucleari è quello della **“Difesa in Profondità”**.

# Applicazione della sicurezza nucleare al rischio convenzionale

↳ Comparazione con il rischio ambientale chimico



## Nucleare:

Concetti base: riduzione del rischio, concentrazione, confinamento, isolamento, prevenzione, (radio)protezione, mitigazione, decadimento naturale

## Chimica:

emissioni tossico-nocive (CO<sub>2</sub>, Sox, Nox, particolato, COV, amianto, diossine, furani, ecc.)

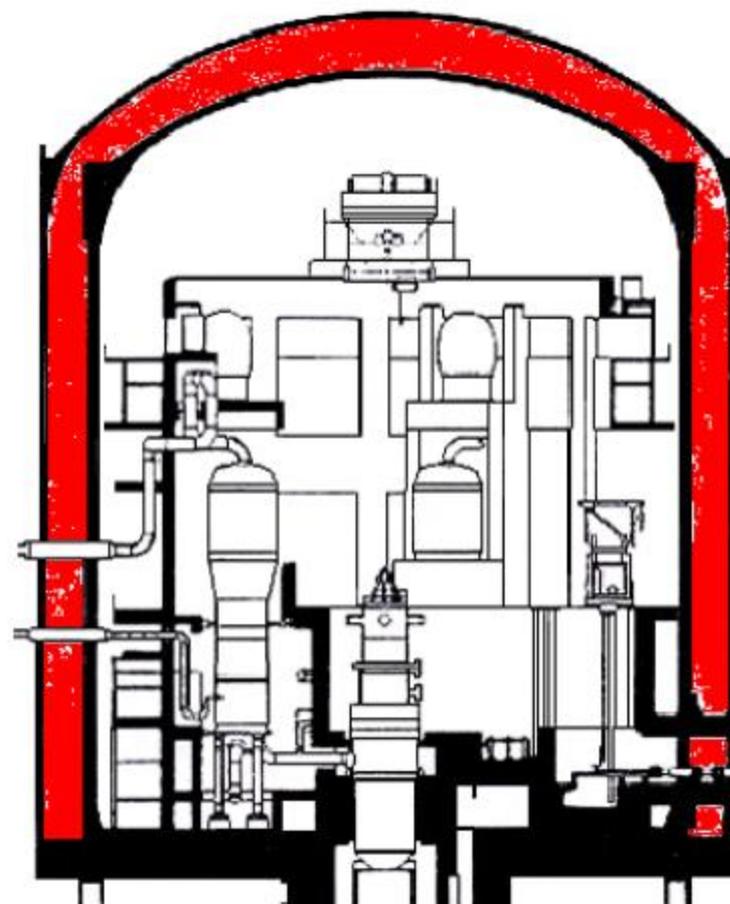
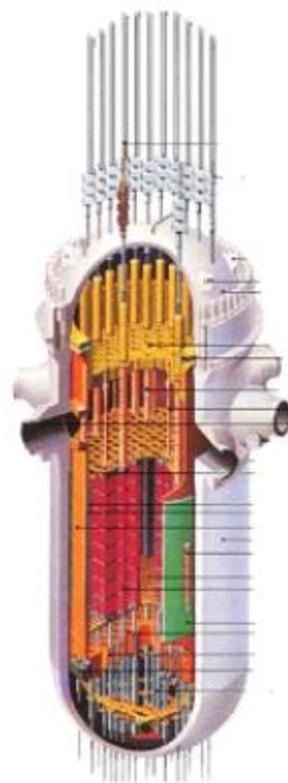
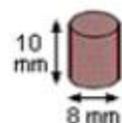
Concetti: diluizione, dispersione, perché non decade nel tempo





# Difesa in Profondità (Defence in Depth - DiD)

**barriere fisiche** tra la sorgente di rischio e ciò che si vuol proteggere



# Organismi preposti al controllo, operazione e supporto



- ✓ Autorità di controllo nazionale (ISPRA-ISIN)
- ✓ Autorità di controllo Europeo (Trattato EURATOM)
- ✓ Agenzia internazionale per l'energia atomica (IAEA)
- ✓ Organismo Europeo degli Enti Regolatori (WENRA)
- ✓ European Commission, Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) NEA – Nuclear Energy Agency
- ✓ ENEA – Ente Nazionale Energia....
- ✓ TSO, ETSON
- ✓ SOGIN – Società Gestione Impianti nucleari
- ✓ Ministeri competenti (MiSE, MATTM)
- ✓ Prefetture, forze dell'ordine e protezione civile
- ✓ Istituzioni scientifiche competenti (INFN, CNR, INGV, ecc.)

# Leggi e regolamenti



- D. Lgs. N. 230 / 95 – Nuova Direttiva Europea N.59/2013
- **Impianti nucleari e radioprotezione**
- D. Lgs. 152 / 2006 – **Norme materia ambientale (NORM/TENORM)**
- D. Lgs. N. 81/2008 **Sicurezza sul lavoro**
- Direttiva Europea n. 70/2011 (Recepita Decreto n.45 / 2014) – **Gestione rifiuti radioattivi e combustibile nucleare**
- Direttiva Europea n.71/2011 (Recepita Decreto n.45 / 2014) – **Responsabilità esercente impianti nucleari**
- Legge n. 31/2010 – **Deposito nazionale rifiuti radioattivi / Autorità di controllo**
- Decreto n. 137 /15 settembre 2017, **applica la Direttiva UE 87/ 2014 sulla sicurezza nucleare e modifica 230 e Direttiva 71 e il 45**
- **Guide tecniche (G.T.26 APAT) , Safety standards IAEA, Norme UNICEN**

# Esempi di sicurezza nucleare

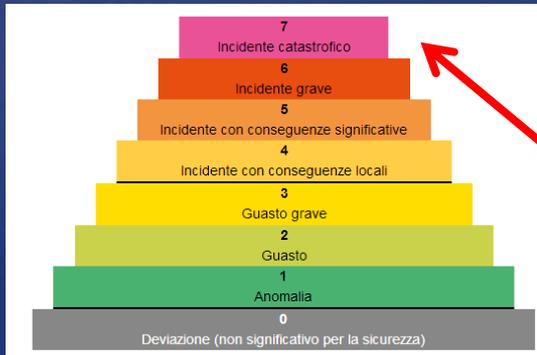
- **Tecnologico: Evoluzione sicurezza Impianti nucleari**
- **Procedurale: Iter Deposito nazionale**

# Lesson learnt: Fukushima Daichii (2011)



## ↳ Sequenza incidentale:

- Sisma di magnitudo 9.0, seguito da uno Tsunami di 14 m (altezza max di progetto 7m)
- Impianto elettrico allagato
- 1/10 della radiazione rilasciata a Chernobyl



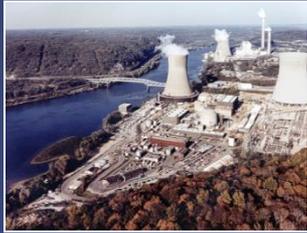
Scala INES, LIVELLO 7

# L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA

## Generation I



Early Prototype Reactors

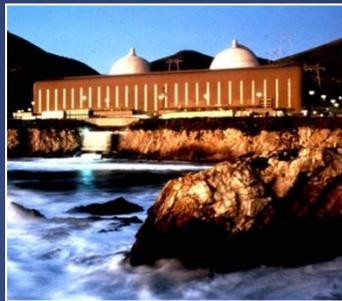


- Shippingport
- Dresden, Fermi I
- Magnox

## Generation II

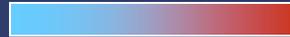


Commercial Power Reactors



- LWR-PWR, BWR
- CANDU
- VVER/RBMK

## Generation III



Advanced LWRs



- ABWR
- System 80+
- AP600
- EPR

Near-Term Deployment



Generation III+ Evolutionary designs offering improved economics

## Generation IV

- Highly Economical
- Enhanced Safety
- Minimal Waste
- Proliferation Resistant



1950      1960      1970      1980      1990      2000      2010      2020      2030



Atoms for Peace

Three Mile Island

Chernobyl

Fukushima

Inizio sviluppo tecnologie per lo sfruttamento dell'energia nucleare

Incidenti in NPP con INES >= 5

# BARRIERE DI PROTEZIONE DEL DEPOSITO NAZIONALE

## PRIMA BARRIERA:

### MANUFATTO

I rifiuti radioattivi, condizionati con matrice cementizia in contenitori metallici (**manufatti**), vengono trasferiti al Deposito Nazionale



## SECONDA BARRIERA:

### MODULO

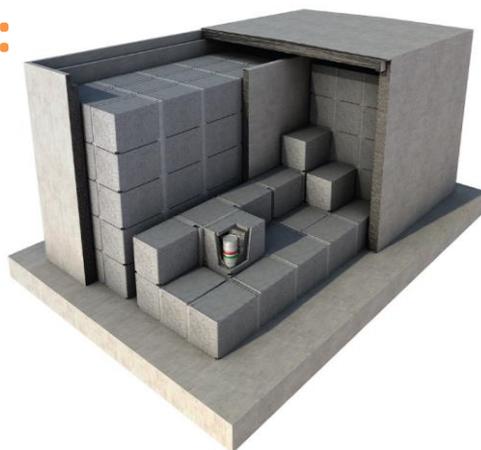
I manufatti vengono inseriti e cementati in **moduli** di calcestruzzo speciale (3m x 2m x 1,7m), progettati per resistere 350 anni



## TERZA BARRIERA:

### CELLA

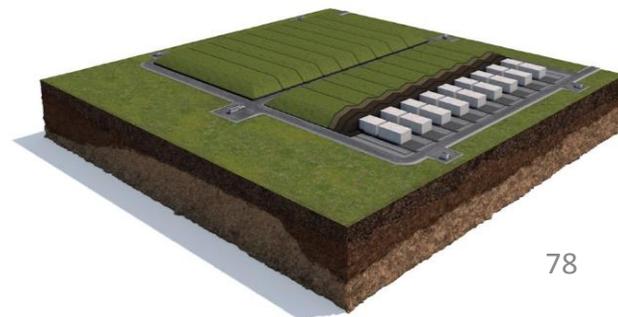
In ogni **cella** di cemento armato (27 m x 15,5 m x 10 m), progettata per resistere almeno 350 anni, vengono inseriti 240 moduli



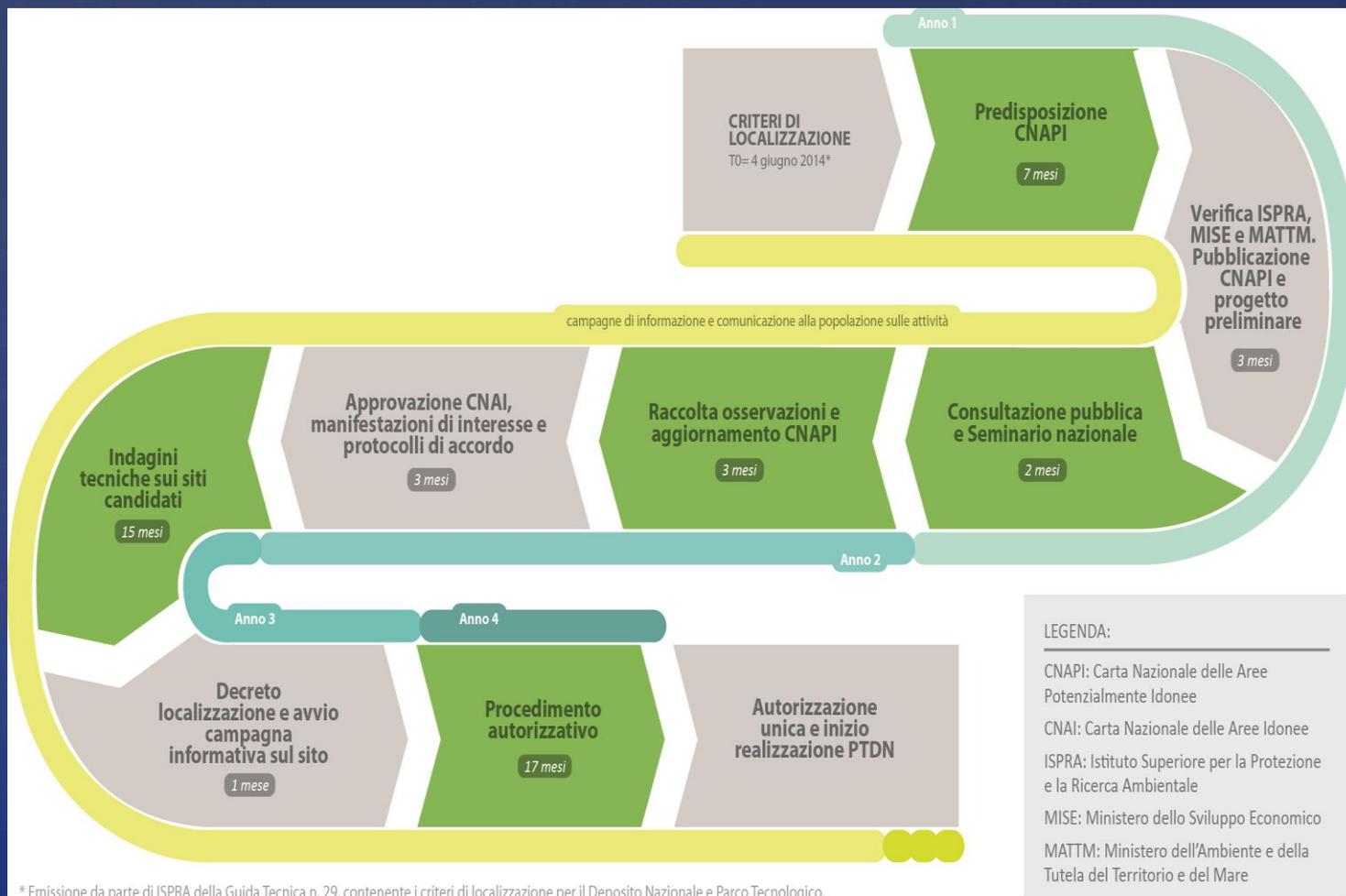
## QUARTA BARRIERA:

### COPERTURA MULTISTRATO

Una volta riempite, le celle (circa 90) vengono sigillate e ricoperte con più strati di materiale per prevenire le infiltrazioni d'acqua



# ITER AUTORIZZATIVO DEPOSITO



\* Emissione da parte di ISPRA della Guida Tecnica n. 29, contenente i criteri di localizzazione per il Deposito Nazionale e Parco Tecnologico.

# Costruzione DNPT

# Applicazione alla sicurezza industriale

## Il Controllo delle tecnologie ad alto Impatto Ambientale in analogia alla Sicurezza dei Materiali Nucleari

Fasi di Processo di una tecnologia ad alto impatto ambientale

Estrazione da miniera

Lavorazione del prodotto prima dell'uso

Confezionamento del prodotto d'uso

Processo di Utilizzo del Prodotto

Raccolta del Prodotto dopo l'uso

Trattamento del Prodotto dopo l'uso

Confinamento finale del Prodotto

Risorse impegnate per la gestione di ogni fase del processo

Preparazione/Formazione del Personale impegnato a tutti i livelli dalla Fase di Processo

Normativa e Procedure internazionali ben collaudate per lo svolgimento della Fase

Controlli nazionali e internazionali, sia interni sia esterni all'Ente preposto, in tutte le attività

Qualificazione e Controlli adeguati a tutti gli Strumenti/Apparecchiature impiegate nella fase

Certificazione dei Materiali utilizzati e delle attività svolte dal Personale preposto.

Analisi di sicurezza e Garanzia della Qualità

Analisi dell'uso non previsto del prodotto

Salvaguardie per fronteggiare l'uso non previsto

Impatto ambientale e recupero dai danni ambientali

Garanzia della Qualità per la sicurezza del prodotto

Limiti Imposti dalla Comunità Internazionale

Es. max 2° innalzamento di Temperatura

estrazione da miniera dei materiali nucleari

fabbricazione del Fuel / Materiali Nucleari

costruzione Impianto per uso del Fuel

produzione elettronucleare

scarico del Fuel e dei prodotti radioattivi

trattamento del Fuel e della radioattività

deposito geologico dei materiali radioattivi

analisi di sicurezza di Impianti e Attività

sistemi di sicurezza e piani d'emergenza

decontaminazione, bonifiche e

Dose max= Fondo naturale per Popolazione

# Considerazioni finali (1/2)

- **La scienza nucleare fornisce tecnologia rilevante per grande produzione di energia carbon-free e l'applicazione medica ed etica delle radiazioni**
  - Proprio perchè consapevole dell'utilizzo malevolo o della possibilità di incidente, si è dotata di un sistema di leggi e norme, tecnologie, organismi, limiti e metodologie uniche nel settore industriale, e di analisi delle lezioni imparate dai pochissimi eventi severi accaduti nella sua storia
- **La Sicurezza e la Security nucleare rappresentano un esempio per gli altri settori civili ed industriali e la protezione del creato e della salute dell'uomo:**
  - Se gli altri campi della scienza e dell'ingegneria utilizzassero i metodi della sicurezza nucleare, la sicurezza ambientale ne trarrebbe enorme giovamento.

# Considerazioni finali (2/2)

- Si potrebbe pensare, sulla base dei piani di sicurezza nucleare, si produrre un **piano onnicomprensivo per l'ambiente** che tenga conto sia del rischio naturale sia di quello antropogenico, industriale o civile.
- Questo piano dovrebbe essere promosso dal Comitato della Civiltà dell'Amore insieme agli organismi competenti tra cui sicuramente quelli coinvolti nella sicurezza nucleare, e sostenuto e dalla Santa Sede, coerentemente con la Laudato Sii del Santo Padre.